

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NUMA VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA - MG EM DECORRÊNCIA DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

José Alves Junqueira Júnior<sup>1</sup>; Leonardo Rocha<sup>2</sup>; Luiz Nishiyama<sup>3</sup>

**Resumo:** O atual padrão de desenvolvimento da humanidade vem se caracterizando pela intensa geração de resíduos sólidos urbanos, cuja destinação se configura como um dos principais problemas ambientais no Brasil. Em Uberlândia-MG este problema não é diferente, nos anos de 1989 a 1993 os resíduos produzidos na cidade foram depositados em voçorocas na zona rural do município, especificamente na bacia hidrográfica do Córrego dos Macacos, a sudoeste do município. O objetivo deste trabalho foi avaliar as conseqüências desta disposição na qualidade das águas subterrâneas e superficiais da antiga voçoroca. Para tanto, foram coletadas amostras de água subterrânea e superficial para análise de dezesseis variáveis, também foram coletadas amostras de solo para caracterização granulométrica e realizados testes de permeabilidade. As amostras de solo e de água foram enviadas ao Laboratório de Geotecnia e de Análises Químicas, respectivamente, da Universidade Federal de Uberlândia. A granulometria demonstrou que o solo empregado para a cobertura final do aterro apresenta elevada permeabilidade, condição que vem favorecendo a percolação de grande quantidade de água e conseqüentemente maior carreamento de chorume comprovado pelas altas concentrações encontradas nas amostras de água, principalmente na estação chuvosa, evidenciando contaminação do aquífero e da água superficial.

**Abstract:** The current pattern of development of humanity has been characterized by intense generation of urban solid waste, whose destination is configured as one of the major environmental problems in Brazil. In Uberlândia-MG this issue is no different in the years 1989 to 1993 the waste produced in the city was deposited in rural areas of the city, specifically in the water basin of Córrego dos Macacos, the southwestern municipality. The objective of this study was to evaluate the consequences of this provision in the quality of groundwater and surface water of the former **voçoroca**. For this, samples were collected from ground and surface water for analysis of sixteen variables, samples of soil were also collected for grain characterization and tests of permeability. Samples of soil and water were sent to the Laboratory of Geotechnics and Chemical Analysis,

<sup>1</sup> Prof. MSc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso-Campus Juína – [junqueirajunior@yahoo.com.br](mailto:junqueirajunior@yahoo.com.br) – Linha J, Setor de chácaras, zona rural, caixa postal 255, Juína MT, 78320000.

<sup>2</sup> Prof. MSc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia-Campus Ji Paraná, [leogeoufu@hotmail.com](mailto:leogeoufu@hotmail.com).

<sup>3</sup> Prof. Dr. Instituto de Geografia/Universidade Federal de Uberlândia - [nishi@ufu.br](mailto:nishi@ufu.br).

respectively, of the Federal University of Uberlandia. The grain analyzes showed that the soil used to final cover of the landfill presents high permeability, a condition that is encouraging large amount of percolation of water and consequently higher carrying of manure supported by high concentrations found in water samples, mainly in the rainy season, showing contamination of the aquifer and the water surface.

**Palavras-chave.** Resíduos sólidos urbanos, qualidade da água; voçoroca.

## 1 - INTRODUÇÃO.

O atual padrão de desenvolvimento da humanidade vem se configurando pela extensa exploração dos recursos naturais do planeta, pela geração maciça de resíduos sólidos urbanos (RSU), como também pela constante emissão de gases nocivos a atmosfera. A população mundial supera os 6 bilhões de pessoas, e o Brasil está com uma população em torno de 180 milhões de habitantes, onde a questão dos resíduos sólidos é preocupante. Cerca de 250 mil toneladas de RSU são produzidas diariamente, dos quais aproximadamente 100 mil toneladas são de resíduos sólidos domésticos. A produção per capita de resíduos domésticos em áreas urbanas, no país, é em torno de 0,5 kg a 1,0 kg por dia, dependendo do porte da cidade (IPT, 2000). Verifica-se na realidade um abismo cada vez maior entre o desenvolvimento tecnológico e a sustentabilidade ambiental, na medida em que quanto mais rápido é o crescimento econômico de um país, maiores são os problemas relativos ao esgotamento dos recursos naturais e a geração de RSU. Estes resíduos vêm provocando uma série de impactos ao meio ambiente e conseqüentemente as sociedades como um todo, sendo reflexo direto das atividades antrópicas ligadas ao crescimento populacional e a intensidade da industrialização.

A destinação final dos resíduos, assim como do esgoto humano e industrial, são dois dos principais problemas urbanos e ambientais não resolvidos no Brasil e também na maioria dos países em desenvolvimento. No Brasil inúmeros municípios apresentam problemas ambientais relacionados à disposição deste tipo de resíduo, tais como: contaminação das águas superficiais e subsuperficiais, contaminação do solo, do ar e, conseqüentemente, de espécies animais e, ainda, do próprio homem (ZULAUF, 1986).

Em Uberlândia-MG não é diferente, nos anos de 1989 a 1993 todo o lixo produzido na cidade foram dispostos no interior de voçorocas localizadas na zona rural, especificamente na bacia hidrográfica do córrego dos Macacos, localizada a sudoeste do município. Estudos de poluição das águas subterrâneas mostram que todo lixo pesquisado provoca algum tipo de poluição nas mesmas,

desta forma é de se presumir que também muitos aterros sanitários, mal construídos, poderão estar alterando a qualidade dos aquíferos. Assim, preocupações como a contaminação do solo e dos recursos hídricos, das plantas, dos animais e do homem, decorrente da presença de elementos poluentes provenientes da inadequada disposição de resíduos sólidos, conduz pesquisadores a direcionar seus objetivos de pesquisa a estes problemas.

Desta forma este trabalho teve como objetivo, avaliar as consequências da disposição dos resíduos sólidos urbanos na qualidade das águas subterrâneas e superficiais, de um manancial adjacente à área da antiga voçoroca que contribui diretamente para a alimentação do Córrego dos Macacos no município de Uberlândia-MG.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS.

### 2.1 - Caracterização da área de trabalho.

A área de estudo está localizada no município de Uberlândia, sudoeste de Minas Gerais, na Fazenda Douradinho, cerca de 20 km do centro urbano do município, especificamente na bacia do córrego dos Macacos, entre as coordenadas geográficas 18°59' e 19°02' de latitude sul, e 48°23' e 48°35' de longitude oeste do meridiano de Greenwich (Figuras 1 e 2 ). A área total da bacia do córrego dos Macacos é de 6700 ha e tem como uso principal do solo as atividades agropecuárias.

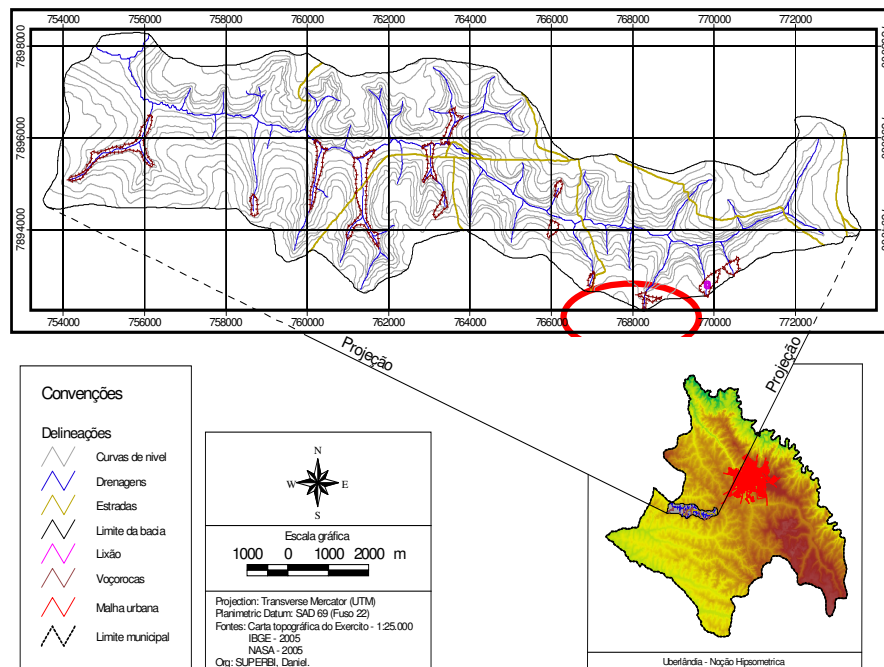


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do córrego dos macacos assim como a área de estudo no município de Uberlândia-MG.



Figura 2: Foto aérea da área onde foram lançados os resíduos sólidos urbanos em Uberlândia-MG.

Segundo Del Grossi (1993), o clima da região é do tipo CWa pela classificação de Köppen, caracterizado por duas estações bem definidas, sendo uma seca, que compreende os meses de março a outubro e a outra chuvosa, compreendendo os meses de novembro a fevereiro.

A região do Triângulo Mineiro segundo Rodrigues 2002, apresenta formas de relevo tipicamente da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro da superfície “Sul Americana” ou “Araxá” e “Velhas”, que se situam entre os rios Paranaíba e Grande.

Segundo Rodrigues (2002), na bacia do Córrego dos Macacos estão presentes os Latossolos vermelho-amarelo, Latossolos vermelho-escuro, Litossolos e os solos Hidromórficos.

## **2.2 - Delimitação da área do aterro.**

Para a delimitação da área onde foram dispostos os resíduos, foram utilizadas fotografias aéreas (Figura 2) e imagem de satélite Quickbird de 2002, na escala de 1:4000 (Figura 1) que possibilitou a visualização da situação atual da área. E por fim utilizou-se o programa ARCVIEW 9.0, para proceder à digitalização e a organização das imagens, gerando uma carta-imagem que melhor representasse a área estudada e orientasse na localização dos poços de monitoramento das águas subterrâneas além dos pontos de coleta das amostras de solo.

## **2.3 - Locação dos pontos de amostragem de água subterrânea e superficial.**

Concomitante aos levantamentos cartográficos, iniciou-se os trabalhos de instalação dos poços de monitoramento de água subterrânea. Para tanto, ficou definido que se instalassem três poços de monitoramento que representassem a realidade em termos de localização do aterro, sendo

um à montante e dois à jusante da área estudada. Estes poços foram instalados considerando-se a possível direção do fluxo de água subterrânea além topografia do terreno, conforme as Figuras 3 e 4.

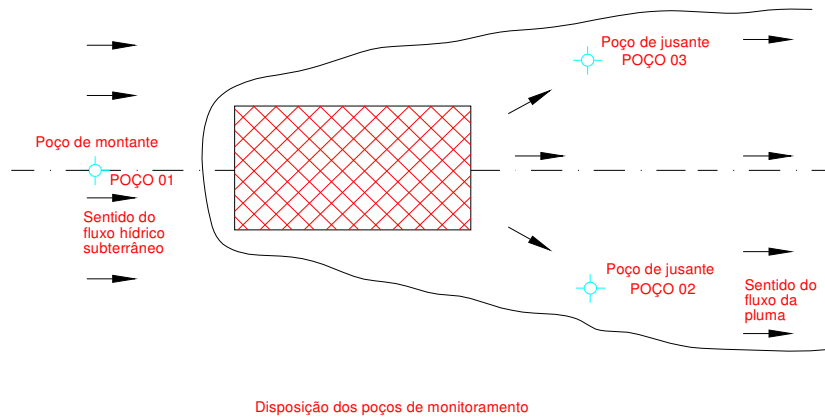


Figura 3. Representação da localização dos poços de monitoramento de água subterrânea em relação ao aterro.

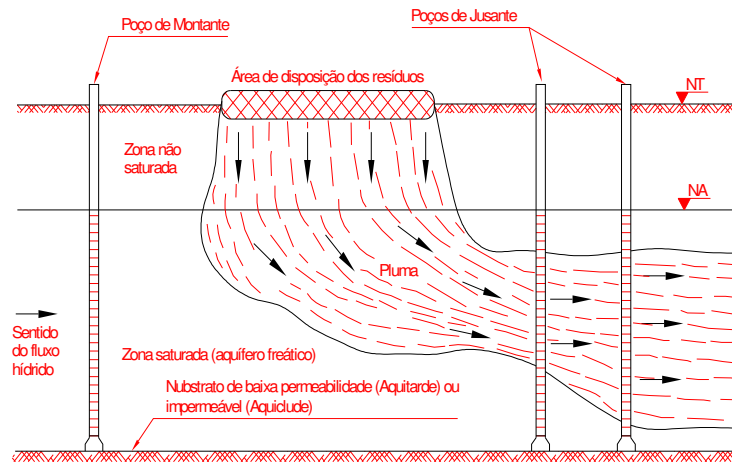


Figura 4. Representação do perfil dos poços de monitoramento de águas subterrâneas em relação ao perfil do aterro.

Para a instalação do poço de monitoramento localizado a montante do aterro, utilizou-se de uma perfuratriz mecânica (Figura 5a), enquanto que os poços a jusante do aterro foram perfurados com o auxílio de um trado “tipo hélice” (Figura 5b).



Figuras 5a e 5b: Perfuração do solo com equipamento mecânico e trado tipo hélice utilizado na perfuração manual, respectivamente.

O poço a montante foi perfurado até uma profundidade de 14 metros, enquanto que os poços a jusante (1 e 2), a profundidade foi de 5 metros em função da topografia do terreno e da proximidade do lençol freático com a superfície do solo.

Os poços de monitoramento foram constituídos de tubos de PVC, esses tubos foram perfurados em sua parte inferior para induzir a entrada de água. Depois de realizadas as perfurações os tubos foram revestidos com manta Bidim (Figura 6), no espaço anelar entre o tubo e o furo foi introduzida, até uma certa altura, brita nº 0 e areia grossa para servir como pré-filtro, a fim de impedir o selamento da manta Bidim. A parte superior foi protegida com concreto e uma tampa de PVC para impedir qualquer tipo de interferência externa na amostragem (Figura 6).



Figura 6: Detalhe da construção dos poços de monitoramento de água subterrânea..

Para o monitoramento das águas superficiais foram definidos dois pontos de coleta no manancial adjacente ao aterro, sendo um ponto de amostragem à montante e outro à jusante do aterro.

#### **2.4 - Amostragem de água e parâmetros avaliados.**

Foram realizadas coletas em dois períodos distintos do ano, sendo a primeira em setembro de 2005 (estação seca) e a segunda em março de 2006 (estação chuvosa), num total de 10 amostras de água. Desta forma, pode-se verificar a influência do período chuvoso sobre os parâmetros avaliados. As amostras de água, tanto dos poços quanto do córrego, foram coletadas seguindo as orientações da NBR 13895 (ABNT, 1997).

Após a coleta, as amostras eram armazenadas em caixas térmicas e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Química do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram realizados ensaios para quantificação dos seguintes parâmetros: D.Q.O, D.B.O, Dureza total, Dureza Total, Dureza de cálcio, Fósforo, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Total, Óleos e graxas, O.D, Nitratos, pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos, Sólidos totais dissolvidos.

#### **2.5 - Determinação do coeficiente de permeabilidade *in situ*.**

A permeabilidade do solo é um atributo físico de grande importância para a engenharia, sendo necessária a sua determinação nos trabalhos em que se tem movimento d'água no solo (MARTINS et al., 2002). Vários são os atributos físicos do solo que influenciam nos valores do seu coeficiente de permeabilidade, principalmente a granulometria, densidade, porosidade, macro e microporosidade (MESQUITA & MORAES, 2004). Ela pode ser definida como a maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem de água (ALONSO, 1999). Segundo Neves (1987), pode-se determinar o coeficiente de permeabilidade por diferentes maneiras: fórmulas empíricas; ensaios de laboratório (com o uso de permeâmetros), ou ensaios de campo.

A determinação da permeabilidade *in situ* foi realizada na profundidade de 50 cm com o auxílio do permeâmetro de Guelph, sendo baseada na suposição do regime estacionário da velocidade de infiltração básica tridimensional de um orifício cilíndrico perfurado no solo (Reynolds e Elrick, 1985). Segundo Gupta et al. (1993), o permeâmetro funciona com o princípio de "Mariotte", fornecendo água sob carga constante através de dois tubos concêntricos. O tubo interno "ar-inlet" provê o ar e os tubos externos servem como reservatório e de saída de água, este

equipamento é certamente a melhor ferramenta difundida para se determinar medidas simples e precisas de coeficientes de permeabilidade do solo.

## **2.6 - Amostragem de solo e análise granulométrica.**

A granulometria e a estrutura apresentam influência direta sobre o espaço poroso do solo, sua porosidade total e distribuição de poros, dificultando em maior ou menor intensidade o movimento da água (MESQUITA, 2001). A amostragem foi realizada em cinco pontos diferentes, sendo duas amostras no interior do aterro, e as demais em pontos adjacentes ao aterro. Utilizaram-se amostras deformadas e coletadas na profundidade de 0,20 m. Além destas amostras, foram coletadas mais 13 amostras do perfil de uma voçoroca próxima a área de estudo, sendo uma amostra a cada metro de profundidade.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Geotecnia da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia para a análise granulométrica.

## **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 - Delimitação da área de trabalho e locação dos pontos de amostragem.**

Na Figura 7 esta representada a delimitação da área de trabalho juntamente com a locação dos poços de monitoramento, assim como a localização dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade e as coletas das amostras de solo. Pode-se visualizar por meio desta figura, que a área fica localizada na margem de um córrego que é afluente direto do córrego dos Macacos.

Com a digitalização da imagem de satélite, a área foi delimitada e os pontos de monitoramento foram definidos. A disposição dos reíduos foi feita em uma área de 35.256 m<sup>2</sup>, com uma estimativa de 3.817,750 m<sup>3</sup> de resíduos (produção acumulada).



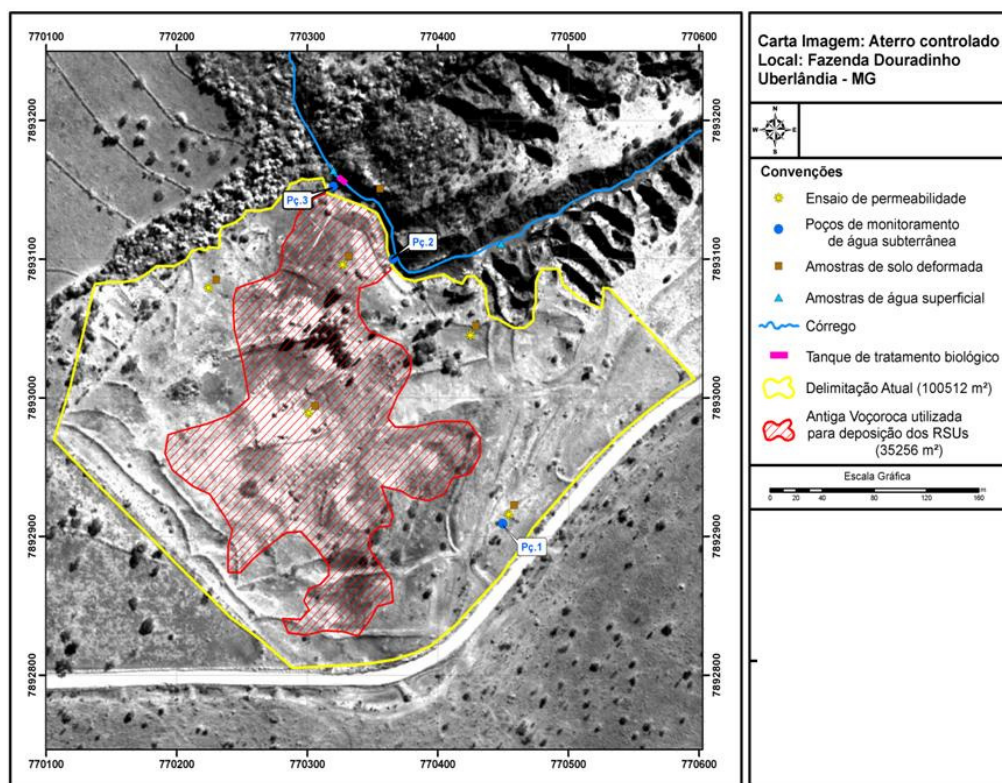


Figura 7. Delimitação da área do aterro e localização dos pontos de coleta e testes de permeabilidade.

### 3.2 - Ensaios granulométricos

As frações granulométricas que compõe os solos analisados, bem como suas respectivas classificações, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Pode-se inferir por meio da Tabela 1 que ao longo do perfil da voçoroca houve variações significativas das frações silte e argila, principalmente nas camadas de superiores. Os valores encontrados permitem afirmar que existe a predominância da fração areia em relação às demais, sendo que esta é basicamente constituída de areia fina e média.

A porcentagem de areia variou entre 50% e 81%, situando-se a média em torno de 70%; a fração silte oscilou entre 4 e 20% com a média de 13%; e a fração argila entre 4 e 34 %, ficando a média em 15%. Observa-se mediante os valores encontrados que existem níveis com maior porcentagem de argila, notadamente entre 1 e 2 metros e entre 4 e 5 metros de profundidade. Em geral, nas profundidades onde as porcentagens de argila são baixas, o silte se destaca com valores superiores.

Tabela 1 – Classificação granulométricas das amostras coletados no perfil da voçoroca.

Profundidade (m)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)				Pedreg. (%)	Classificação Granulométrica
			Fina	Média	Grossa	Total		
1	34	8	30	26	2	58	0	Areia argilosa
2	34	4	32	28	2	62	0	Areia argilosa
3	8	14	48	28	2	78	0	Areia siltosa
4	25	7	36	25	6	67	1	Areia argilosa
5	30	20	27	20	3	50	0	Areia argilo-siltosa
6	8	17	40	26	3	69	6	Areia siltosa
7	14	11	48	24	2	74	1	Areia argilo-siltosa
8	9	18	48	23	2	73	0	Areia siltosa
9	4	15	39	41	1	81	0	Areia siltosa
10	5	17	38	39	1	78	0	Areia siltosa
11	8	12	26	50	4	76	0	Areia siltosa
12	6	17	42	34	1	76	0	Areia siltosa
13	11	14	40	34	1	74	0	Areia silto argilosa

Os solos coletados no perfil da voçoroca podem ser classificados, em sua maioria como areno-siltoso, o que pode estar sinalizando para solos de elevados coeficientes de permeabilidade (k).

Na área do aterro controlado foram coletadas cinco amostras de solo, as análises demonstram solos com a fração areia variando entre 59% e 79 %, com média se aproximando de 72%; a fração silte oscilando entre 11% e 28% e sua média em 19%; e a fração argila de 4% e 13%, tendo como média 8%. Os valores encontrados refletem uma distribuição granulométrica pouco discrepante entre as amostras, (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação granulométrica dos solos utilizados na cobertura do aterro.

Ponto	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)				Pedreg. (%)	Granulometria
			Fina	Média	Grossa	Total		
1	10	11	50	27	2	79	0	Areia argilo-siltosa
2	8	20	40	30	2	72	0	Areia siltosa

<b>3</b>	13	28	39	18	2	59	0	<b>Areia argilo-siltosa</b>
<b>4</b>	4	20	46	27	3	76	0	<b>Areia siltosa</b>
<b>5</b>	7	18	35	37	3	75	0	<b>Areia siltosa</b>

Quando se compara os resultados da granulometria da camada superior de solo da voçoroca com a da cobertura do aterro, podem-se perceber diferenças discrepantes de valores, com maiores valores de areia e menores valores de argila para a camada superior do aterro. Com estes resultados, espera-se que a dinâmica da água neste local apresente também diferenças em relação ao solo da voçoroca, uma vez que ésta dependa dentre outros fatores, da granulometria do solo.

### 3.3 - Ensaios para obtenção do coeficiente de permeabilidade (k)

De acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997), as áreas destinadas à disposição de resíduos sólidos urbanos devem possuir depósitos naturais extensos e homogêneos de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-6}$  cm/s além de uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m. Os ensaios *in situ* evidenciaram que os solos utilizados para a cobertura final do aterro possuem elevados coeficientes de permeabilidade comparando-se com o que recomenda a NBR 13896 (ABNT, 1997), fato que pode ser explicado pela análise granulométrica apresentada anteriormente na Tabela 2.

Tabela 3 – Coeficientes de permeabilidade (K) obtido dos pontos amostrados.

<b>Pontos</b>	<b>Coeficiente de permeabilidade (cm/seg)</b>
<b>*Ponto 1</b>	<b><math>1,9 \times 10^{-4}</math></b>
<b>Ponto 2</b>	<b><math>2,1 \times 10^{-4}</math></b>
<b>Ponto 3</b>	<b><math>2,2 \times 10^{-4}</math></b>
<b>*Ponto 4</b>	<b><math>1,7 \times 10^{-4}</math></b>
<b>Ponto 5</b>	<b><math>3,8 \times 10^{-4}</math></b>

\* Ensaio realizado fora da área do aterro.

Os pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade apresentaram características semelhantes de permeabilidade, apontando para coeficientes superiores ao recomendado pela NBR 13896, embora que para os pontos localizados fora da área do aterro, este coeficiente foi levemente inferior ao medido dentro da área. A média dos resultados obtidos nos ensaios também apontou para um coeficiente superior ao indicado pela NBR 13896 ( $2,2 \times 10^{-4}$  cm/seg). Esta situação

sugere que durante o período chuvoso ocorra intensa infiltração de águas plúvias da cobertura para o interior do aterro, e que em um segundo momento, estas se somem aos líquidos gerados pela decomposição da massa de lixo, percolando em direção ao lençol e se transformando posteriormente em escoamento de base, o que pode contribuir para a contaminação do manancial a jusante do aterro.

### **3.4 - Resultado das análises de água**

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 são apresentados os resultados das análises da qualidade da água coletada no córrego e nos poços de monitoramento, respectivamente. A maioria dos parâmetros avaliados apresenta variações significativas em seus valores, em alguns deles, detectam-se níveis de contaminação acima do estabelecido pela Resolução Conama nº 357.

Observando a Tabela 4, podemos inferir sobre a interferência do aterro para a qualidade da água do córrego dos macacos, pode-se perceber nitidamente a magnitude dos parâmetros avaliados, onde que no ponto de coleta a montante do aterro os valores apresentam-se consideravelmente inferiores do que no ponto a jusante.

Observando os valores de sólidos suspensos na estação chuvosa e subtraindo os valores a jusante dos valores a montante do aterro, percebe-se que este está contribuindo com 34 mg/L, enquanto que sua contribuição para os sólidos totais é de 48 mg/L. Quando se compara as Tabelas 4 e 5, especificamente para estes dois parâmetros, verifica-se que na estação seca a contribuição do aterro para os sólidos suspensos foi de 30 mg/L e de sólidos totais de 42 mg/L, enquanto que para os sólidos totais dissolvidos esta contribuição permanece praticamente constante. Desta forma, pode-se concluir que tanto na estação chuvosa como na estação seca, o aterro contribui para o assoreamento deste manancial, sendo esta contribuição mais acentuada na estação das águas. Observando especificamente os valores de sólidos totais dissolvidos das tabelas 4 e 5, observa-se que mesmo na estação chuvosa estes valores permaneceram iguais a montante do aterro, enquanto a jusante houve um acréscimo desta variável, fato que também ocorre nos poços de monitoramento (tabelas 6 e 7), é importante destacar que em todos os poços observados os valores estão acima do limite de quantificação praticável (LQP) que prescreve a resolução CONAMA no 396 de 2008.

Outro fato relevante é quando se compara o mesmo local de coleta para as duas estações. Fazendo esta comparação conclui-se que na estação das águas existe uma contribuição de 28 mg/L de sólidos totais e 26 mg/L de sólidos em suspensão, o que não acontece na estação seca, sendo mais um indício de que as chuvas estão contribuindo para o assoreamento deste manancial. Todavia, na estação das chuvas ocorre o aumento de escoamento de base ocasionado pela recarga dos aquíferos, com o aumento da vazão do córrego é de se esperar que alguns dos parâmetros

avaliados sofra uma redução na sua concentração, fato que foi constatado para a DBO, DQO, Nitrogênio orgânico e Oxigênio dissolvido.

Observando os resultados da DBO e de DQO das Tabelas 4 e 5, evidencia-se a contaminação dos recursos hídricos locais quando se compara com a resolução CONAMA nº 357, sendo comprovada pelos elevados valores de DBO que a jusante apresentaram 223 mg/L na estação seca e 193 mg/L na estação chuvosa.

Avaliando-se os resultados de DQO também se evidencia contaminação, onde que seus valores apresentaram 411 mg/L na estação seca e 357 mg/L na estação chuvosa. Observa-se que os valores dos mesmos parâmetros foram bem superiores ao encontrados nas amostras de água coletadas à montante do aterro, que foram respectivamente, 5,0 mg/L na estação seca e 6,3 mg/L na estação chuvosa, 8,0 mg/L na estação seca e 11,0 mg/L na estação chuvosa.

Quando se avalia o pH, as amostras apresentam-se com pequenas variações, os resultados apontaram as seguintes condições: nas amostras coletadas à montante da área, o pH apresentou-se na faixa de 6,73 e à jusante 6,26 na estação chuvosa. Na estação seca, os valores para o ponto a montante ficaram estabilizados na faixa de 6,41, enquanto que para o ponto a jusante foi de 5,95. Esta ligeira queda indica que no período chuvoso, existe um carreamento mais acentuado de compostos orgânicos para este ponto, o que acaba conferindo tais características.

A resolução nº20 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente traz que a concentração máxima de fósforo total em água não deve ultrapassar o valor de 0,025mg/L, porém observando as Tabelas 4 e 5 verifica-se que a concentração deste parâmetro da água a jusante da área do aterro esta entre 2,0 mg/L (período seco) e 2,25 mg/L (período chuvoso).

Tabela 4 – Qualidade da água do manancial na estação chuvosa.

<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>A montante do aterro</b>	<b>A jusante do aterro</b>
<b>D.Q.O (mg/L)</b>	11,0	357
<b>D.B.O (mg/L)</b>	6,3	193
<b>Dureza total (mg/L)</b>	6,9	2336
<b>Dureza de cálcio (mg/L)</b>	4,0	1881
<b>Fósforo (mg/L)</b>	0,03	2,5
<b>Nitrogênio Amoniacal (mg/L)</b>	0,42	16,2
<b>Nitrogênio Orgânico (mg/L)</b>	Zero	3,22
<b>Nitrogênio total (mg/L)</b>	0,42	19,5
<b>Óleo e graxas (mg/L)</b>	0,20	1,20
<b>Oxigênio dissolvido (mg/L)</b>	8,0	7,0

<b>Nitratos (mg/L)</b>	0,40	8,0
<b>pH</b>	6,73	6,26
<b>Sólidos Sedimentados (mg/L)</b>	Inferior a 0,05	0,8
<b>Sólidos Suspensos 105° C (mg/L)</b>	82	116
<b>Sólidos totais (mg/L)</b>	102	150
<b>Sólidos totais dissolvidos (mg/L)</b>	20	34

Tabela 5 – Qualidade da água do manancial na estação seca.

<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>A montante do aterro</b>	<b>A jusante do aterro</b>
<b>D.Q.O (mg/L)</b>	8,0	411
<b>D.B.O (mg/L)</b>	5,0	223
<b>Dureza total (mg/L)</b>	4,0	2300
<b>Dureza de cálcio (mg/L)</b>	3,0	1780
<b>Fósforo (mg/L)</b>	0,03	2,0
<b>Nitrogênio Amoniacal (mg/L)</b>	0,56	11,5
<b>Nitrogênio Orgânico (mg/L)</b>	Zero	3,78
<b>Nitrogênio total (mg/L)</b>	0,56	15,3
<b>Óleo e graxas (mg/L)</b>	0,40	1,0
<b>Oxigênio dissolvido (mg/L)</b>	9,2	8,4
<b>Nitratos (mg/L)</b>	0,50	6,0
<b>pH</b>	6,41	5,95
<b>Sólidos Sedimentados (mg/L)</b>	0,05	1,0
<b>Sólidos Suspensos 105° C (mg/L)</b>	60	90
<b>Sólidos totais (mg/L)</b>	80	122
<b>Sólidos totais dissolvidos (mg/L)</b>	20	32

Na análise dos parâmetros da Tabela 6, podemos inferir sobre a interferência do aterro para a qualidade das águas subterrâneas que abastece o aquífero e conseqüentemente o córrego dos macacos. Pode-se perceber nitidamente a magnitude dos parâmetros avaliados, onde que no poço a montante do aterro os valores apresentam-se consideravelmente menores do que nos poços a jusante. Pode-se perceber que mesmo na estação seca, o aterro tem papel fundamental no carreamento de sólidos em suspensão, haja vista que estes valores são superiores quando se compara os pontos a jusante e a montante. Quando se compara as Tabelas 6 e 7, especificamente

para este parâmetro no poço 2, verifica-se um acréscimo de 15mg/L de sólidos totais e 16 mg/L de sólidos em suspensão. Desta forma, pode-se concluir que o escoamento subterrâneo também está contribuindo para o assoreamento deste manancial.

O aumento da concentração dos parâmetros nos poços a jusante pode estar relacionado em parte com a entrada de águas pluviais no sistema (aterro) através de infiltração, que como já foi descrito, apresenta-se elevado coeficiente de permeabilidade. A incidência de águas pluviais no interior do aterro induz e acelera o processo de deslocamento dos particulados para o nível freático, a ponto de contribuir para o aumento das concentrações dos parâmetros analisados, principalmente em pontos localizados à jusante da área. Como o fluxo de águas subterrâneas tende a se deslocar horizontalmente para os pontos de menor declividade do terreno, isso favorece o carreamento e o aumento na concentração dos contaminantes presentes nos pontos de monitoramento localizados à jusante do aterro, o que está constatado nas Tabelas 6 e 7.

Embora no período seco a incidência de águas pluviais seja menor, as concentrações nos parâmetros analisados permaneceram relativamente elevadas se comparado ao poço de monitoramento à montante, fato este que pode estar relacionado, principalmente ao carreamento dos contaminantes via deslocamento do fluxo subterrâneo. As amostras de águas coletadas no córrego, independentemente do período analisado, também se apresentaram contaminadas, fato que pode estar relacionado à contaminação do aquífero.

Em uma análise detalhada, observa-se que as amostras coletadas no poço à montante, apesar de estar fora da área de abrangência do aterro também apresentam indícios de contaminação, uma vez que as análises apresentaram 5,0 mg/ L de DBO no período seco e 8,1 mg/L na estação chuvosa. A DQO apresentou 8,0 mg/L na estação seca e 15,0 mg/L na estação chuvosa. Já os poços à jusante foram os que apresentaram maiores aumentos da DBO e DQO, os valores da DBO encontrados para o poço 1 de jusante foi de 77 mg/L na estação seca e 80 mg/L na estação chuvosa. A DQO apresentou 146 mg/L na estação seca e 154 mg/L na estação chuvosa.

Entre os dois poços de monitoramento à jusante, o que mais apresentou níveis de contaminação foi o poço 2 de jusante, o qual apresentou os seguintes valores: DBO, 95 mg/L na estação seca e 124 mg/L na estação chuvosa. A DQO apresentou 173 mg/L na estação seca e 232 mg/L na estação chuvosa. Os elevados valores para esse poço estão relacionados, sobretudo com o fluxo das águas que escoam na direção ao mesmo. Esse aumento significativo nos valores da DBO e DQO parece indicar que juntamente com o fluxo das águas subterrâneas, está havendo o arraste de contaminantes, uma vez que se observa a concentração dos mesmos em todos os pontos de coleta, tanto nas águas subterrâneas quanto nas águas superficiais, sendo seus valores superiores ao estabelecido na Resolução Conama nº 357.

Tabela 6 – Qualidade da água dos poços de monitoramento na estação seca.

<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>Poço a Montante</b>	<b>Poço a Jusante 1</b>	<b>Poço a Jusante 2</b>
<b>D.Q.O (mg/L)</b>	8,0	146	173
<b>D.B.O (mg/L)</b>	5,0	77	95
<b>Dureza total (mg/L)</b>	4,0	1000	760
<b>Dureza de cálcio (mg/L)</b>	3,0	840	620
<b>Fósforo (mg/L)</b>	0,05	0,10	1,50
<b>Nitrogênio Amoniacal (mg/L)</b>	0,70	1,82	1,54
<b>Nitrogênio Orgânico (mg/L)</b>	Zero	0,14	0,70
<b>Nitrogênio total (mg/L)</b>	0,70	1,96	2,24
<b>Óleo e graxas (mg/L)</b>	0,50	0,40	0,30
<b>Oxigênio dissolvido (mg/L)</b>	7,6	7,6	6,4
<b>Nitratos (mg/L)</b>	0,40	0,80	0,80
<b>pH</b>	7,16	5,85	5,93
<b>Sólidos Sedimentados (mg/L)</b>	Inferior a 0,05	Inferior a 0,05	Inferior a 0,05
<b>Sólidos Suspensos 105° C (mg/L)</b>	60	60	65
<b>Sólidos totais (mg/L)</b>	68	72	80
<b>Sólidos totais dissolvidos (mg/L)</b>	8,0	12	15

Tabela 7 – Qualidade da água dos poços de monitoramento na estação chuvosa.

<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>Poço Montante</b>	<b>Poço a Jusante 1</b>	<b>Poço a Jusante 2</b>
<b>D.Q.O (mg/L)</b>	15,0	154	232
<b>D.B.O (mg/L)</b>	8,1	780	124
<b>Dureza total (mg/L)</b>	4,0	1036	824
<b>Dureza de cálcio (mg/L)</b>	3,0	871	685
<b>Fósforo (mg/L)</b>	0,03	0,12	1,5
<b>Nitrogênio Amoniacal (mg/L)</b>	1,54	2,66	2,38
<b>Nitrogênio Orgânico (mg/L)</b>	Zero	0,21	1,12
<b>Nitrogênio total (mg/L)</b>	1,54	2,87	3,50
<b>Óleo e graxas (mg/L)</b>	0,10	0,60	0,80
<b>Oxigênio dissolvido (mg/L)</b>	8,6	8,2	8,0
<b>Nitratos (mg/L)</b>	0,50	0,60	1,0
<b>Ph</b>	7,31	6,15	6,18
<b>Sólidos Sedimentados (mg/L)</b>	0,1	0,05	0,1



<b>Sólidos Suspensos 105° C (mg/L)</b>	44	56	80
<b>Sólidos totais (mg/L)</b>	60	80	96
<b>Sólidos totais dissolvidos (mg/L)</b>	16	24	16

O pH também é um parâmetro que fornece dados relativos às condições ambientais de um dado corpo hídrico, uma vez que as características relativas à acidez, à neutralidade ou à alcalinidade da água fornecem subsídios para a interpretação da qualidade ambiental dos recursos hídricos analisados. Assim, o impacto produzido pelo chorume sobre os recursos hídricos, está diretamente relacionado com sua fase de decomposição. O chorume de aterros novos, quando recebe quantidades significativas de águas pluviais é caracterizado por pH ácido; no entanto, apesar do aterro ter aproximadamente 13 anos, as características de seu potencial hidrogênionico ainda remetem ao ambiente em processo de oxidação da matéria orgânica presente na massa de lixo, o que vem favorecendo a contaminação por esses compostos.

A partir das análises de águas coletadas na área de pesquisa, foi possível determinar que ainda está havendo oxidação da matéria orgânica contida na massa de lixo, fato este que pode ser afirmado pelo baixo valor do pH encontrado em grande parte das amostras de água analisadas durante a estação seca, indicando características ácidas. O único poço de monitoramento que se manteve próximo à neutralidade foi o poço de águas subterrâneas à montante, que apresentou pH na faixa de 7,16 na estação seca e 7,31 na estação chuvosa. Esta condição de pH pode estar associada a inúmeros fatores, entre os quais a possibilidade do poço ter sido instalado na “borda” da pluma de contaminação, o que implicaria em baixas concentrações de compostos orgânicos ou mesmo uma dispersão dos compostos neste ponto em função do elevado nível freático.

Os poços de jusante 1 e 2 apresentaram, respectivamente, pH de 5,85 e 5,93 na estação seca, apresentando condições ácidas. Enquanto que na estação chuvosa observa-se um aumento significativo nos valores, sendo de 6,15 para o poço 1 e de 6,18 para o poço 2. Este aumento do pH pode estar relacionado ao fato de que durante a estação chuvosa, ocorre uma dispersão da matéria orgânica em função da percolação de águas pluviais nas células do aterro e aumento do nível freático, apresentando características relativamente próximas à neutralidade no período chuvoso.

Outro parâmetro que apresentou índices elevados foi a Dureza de Cálcio. Embora, a dureza de cálcio possa estar relacionada à dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, relaciona-se também a despejos industriais e entulhos da construção civil, uma vez que grande parte destes resíduos apresenta em seus constituintes, produtos processados a partir do calcário, como cimento, cal dentre outros (VON SPERLING, 1996). Ainda segundo o mesmo autor, esse parâmetro pode ser indicativo de contaminação causada por ações antrópicas.

Do período seco à estação chuvosa, observou-se uma pequena variação na dureza de cálcio nas amostras de água coletada no poço de monitoramento do córrego a montante (1,0 mg/L). No entanto, nos poços de monitoramento à jusante foram onde se observaram as maiores concentrações. No caso do manancial este parâmetro foi da ordem de 1780 mg/L para a estação seca e 1881 mg/L para a estação chuvosa, apresentando um aumento significativo de 101,0 mg/L, comprovando que a alta permeabilidade do aterro tem papel de destaque na contaminação do manancial. Nos poços de monitoramento de águas subterrâneas, foram observados os seguintes valores: o poço à montante se manteve na faixa de 3,0 mg/L, independente do período analisado. Para os poços à jusante, houve variações em seus valores: para o poço 1 a jusante as análises apontaram para concentrações de 840 mg/L na estação seca e 781 mg/L na estação chuvosa, enquanto que no poço 2 os valores foram de 760 mg/L na estação seca e 824 mg/L na estação chuvosa.

#### **4 - CONCLUSÃO.**

A granulometria demonstrou que o solo empregado para a cobertura final do aterro apresenta elevada permeabilidade, condição que vem favorecendo a percolação de grande quantidade de água e conseqüentemente maior carreamento de chorume, principalmente na estação chuvosa, evidenciando contaminação do aquífero e conseqüentemente das águas superficiais.

#### **5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13895. Construção de poços de monitoramento e amostragem. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. Acesso em: 19 de Outubro de 2005.

ALONSO, U. R. Rebaixamento temporário de aquíferos. São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX, 1999. 131 p.

GUPTA, R.K.; RUDRA, R.P.; DICKINSON, W.T.; PATINI, N.K.; WALL, G.J. Comparison of saturated hydraulic conductivity measured by various field methods. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.28, n.5, p. 1901-1908, Sept/Oct. 1985.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais. *Revista Cerne*, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-41, 2002.

MESQUITA, M. G. B. F. Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo. 2001. 110 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 963-969, maio/jun. 2004.

NEVES, M. Estudo da permeabilidade do solo colapsível da região de São Carlos. 1987. 138 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

RESOLUÇÃO CONAMA 357. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>

RESOLUÇÃO CONAMA 396. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res08/res39608.pdf>

REYNOLDS, W.D.; ELRICK, D.E. In situ measurement of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the  $\alpha$  parameter using the Guelph permeameter. *Soil Science*, Baltimore, v.140, n.4, p.292-302, Oct. 1985.

RODRIGUES, L. Aplicação da técnica de avaliação de terrenos na bacia do córrego dos Macacos, Uberlândia (MG), com ênfase em erosão dos solos. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2002. (Dissertação de Mestrado).

VON SPERLING, M. Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de engenharia sanitária e ambiental – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ZULAUF, W, E. Brasil Pensa: o Lixo Urbano. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 1986. (Fita VHS).

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *Lixo Municipal: anual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.