

ESTUDO DO DECAIMENTO DE MICRORGANISMOS INDICADORES DE POLUIÇÃO EM AQUÍFERO FREÁTICO CAUSADA PELO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO POR PROCESSO DE INFILTRAÇÃO – DIAGNÓSTICO FÍSICO-QUÍMICO DO MEIO

Virginia Maria Tesone Coelho¹ & Uriel Duarte²

Resumo – Este trabalho integra o Projeto FAPESP nº 2002/00509-6 e, pretende estudar o decaimento de microrganismos indicadores de poluição/contaminação por esgotos domésticos em função do tempo de trânsito do efluente natural no subsolo, de modo a subsidiar futuros estudos de disposição de efluentes e, cálculos de perímetros de proteção, a partir dos locais de infiltração.

A área de pesquisa está localizada na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Vila Nossa Senhora dos Remédios, município de Salesópolis – SP e, aqui é apresentado o diagnóstico físico-químico do meio.

A metodologia aplicada verificará o comportamento desses microrganismos no subsolo, por isso, o experimento será realizado *in situ*. Até o momento, os levantamentos efetuados na área onde será feita a infiltração forneceram dados para a caracterização do solo e das águas subterrâneas do aquífero local.

A infiltração do efluente líquido natural será realizada durante o período de estiagem, com início previsto para julho/2004.

As medições nos poços de monitoração serão executadas de modo a atender a velocidade de escoamento da pluma contaminante, no interior do aquífero e sua frequência será determinada em função da velocidade real de seu deslocamento.

Abstract – This study integrates the FAPESP Project - 2002/00509-6 and it aims to study the microorganism decay that indicates pollution/contamination by domestic waste waters in function of transit time of the natural effluent underground, in order to subsidize future studies of effluent disposal and calculations of protection perimeters from the infiltration point.

¹ Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Rua do Lago 562, CEP: 05508-900, São Paulo-SP. E-mail: vmcoelho@usp.br

² Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Rua do Lago 562, CEP: 05508-900, São Paulo-SP. E-mail: urduarte@usp.br.

The research area is located in the Wastewater Treatment Facility of Vila Nissan Senhora dos Remédios, in the city of Salesópolis - SP. and here is presented the physic-chemical diagnostic of means.

The applied methodology will verify the behavior of these microorganisms underground therefore the study will be carried out *in situ*. Until now, the studies carried out in that location supplied data on the characteristics of the soil and water of the local aquifer.

The infiltration of the natural liquid effluent will be done during the dry season, beginning in July 2004.

The measurements will be done concomitant to the velocity of the contamination plume inside the aquifer and the frequency will be determined according to its real velocity

Palavras-Chave – decaimento de microrganismos; infiltração; esgoto domiciliar; contaminação de aquífero.

INTRODUÇÃO

A História mostra que a fixação do Homem em qualquer região se dá em função das disponibilidades das fontes de energia, em quantidade e qualidade necessárias à sua subsistência.

Dentre as principais fontes de energia (luz solar, ar, água e alimentos) a água é a responsável pela fixação do Homem e formação de comunidades, mesmo nas regiões mais inóspitas do planeta.

Ao consumir sua energia, o Homem gera diversos tipos de resíduos, dos quais predominam o esgoto, o lixo e as partículas na atmosfera. Devido a um comodismo natural do Homem em relação à necessidade de afastar ou condicionar tais resíduos, verifica-se a frequência de contato entre as fontes de energia e os resíduos gerados. Esta interação é denominada de poluição do meio ambiente (Jordão & Pessoa, 1995).

O instinto de autoconservação levou as comunidades a estabelecerem sistemas de defesa tais como controle de poluição, aproveitamento de energia e saneamento, os quais se desenvolvem de acordo com o grau de utilização das fontes de energia.

Saneamento é um dos sistemas de defesa com grande importância para a proteção e preservação do meio ambiente, sendo também, condição essencial para o bem estar humano.

Obras de água e esgoto são investimentos importantes, com grandes implicações na economia, pois seu desenvolvimento produz, além dos serviços básicos para o bem estar social, novas riquezas com o surgimento de atividades industriais, ligadas ao setor.

A análise das soluções para tratamento de água e esgoto deve considerar sempre o destino final de seus efluentes e/ou resíduos, se estes estão sendo dispostos adequadamente de modo a evitar problemas nas regiões onde se deseja conservar um grau de salubridade criteriosamente pré-estabelecido.

O desconhecimento sobre as condições técnicas exigidas para a disposição dos efluentes de lagoas de tratamento por processo de infiltração no solo tem sido a principal causa da inadequabilidade destas unidades.

A infiltração por si só, não elimina o problema da contaminação dos recursos hídricos, fazendo-se necessário o estudo do potencial de contaminação destes efluentes sobre as águas subterrâneas locais.

O propósito desta pesquisa é verificar o decaimento de microrganismos indicadores de poluição por esgoto doméstico em função do tempo de trânsito do efluente natural no subsolo, de modo a subsidiar futuros estudos de disposição de efluentes e, cálculos de perímetros de proteção, a partir dos locais de infiltração.

O diagnóstico resultante será utilizado para propor aperfeiçoamentos na legislação ambiental vigente, de maneira mais realista, a partir de dados reais da eficiência do processo de tratamento de esgotos por infiltração e sua influência no aquífero freático.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os primeiros estudos sobre transporte de contaminantes microbiológicos no solo, utilizando-se bactérias como traçadores foram realizados na década de 10, evoluindo mais nas décadas de 30 e 50 com a ampliação dos conhecimentos em virtude dos estudos de viabilidade para a injeção de efluentes de esgotos domésticos e industriais em solos.

A movimentação de microrganismos nas zonas saturadas do solo depende, diretamente, de diversos fatores, como da carga hidráulica, da velocidade de percolação, da concentração de microorganismos no efluente e outros. A contaminação dos aquíferos freáticos também depende, inversamente, de outros fatores, como do tempo de detenção dos esgotos na zona não saturada, da profundidade dos aquíferos em relação à superfície de aplicação e da temperatura no meio (Moore *et al.*, 1981).

Os vírus, embora não possam multiplicar-se fora do hospedeiro, podem sobreviver por semanas e meses no meio ambiente, principalmente a temperaturas inferiores a 15°C. Kim & Unno (1995) observaram concentrações de 10^5 partículas infecciosas por litro de esgotos municipais brutos e, por conseguinte, concentrações semelhantes em solos onde esses esgotos são dispostos.

Embora outros grupos de vírus possam ser encontrados nas fezes, os cinco grupos mais importantes são os adenovírus, os enterovírus (incluindo-se o poliovírus), o vírus da hepatite A, o reovírus, os vírus causadores da diarreia e o parvovírus. Segundo Born (1991), existem mais de cem diferentes enterovírus excretados pelo homem, os quais podem vir a produzir infecções e doenças.

Sabe-se muito pouco a respeito da sobrevivência de vírus em águas subterrâneas, podendo-se, contudo, fazer estimativas aproximadas a partir de dados existentes sobre a sua sobrevivência em águas superficiais.

Diversos tipos de vírus entéricos necessitam de dois a cem dias para perder 99,9% de sua infecciosidade inicial, quando em suspensão em diferentes tipos de águas superficiais, com diferentes graus de poluição, a uma temperatura de 20°C. O tempo de sobrevivência é amplamente determinado pela temperatura e pelo grau de contaminação, sendo mais longo em águas muito limpas e em águas altamente poluídas. Estudos realizados por Lewis *et al.* (1986) com o poliovírus 1 e Coxsackievirus B-1, marcados radioativamente, indicaram que a desativação a temperaturas mais elevadas é devido aos danos causados ao ácido ribonucleico dos vírus.

Assim, a temperatura é o fator individual mais importante na eliminação dos vírus, também em águas subterrâneas, sendo que se pode esperar 99% de redução a uma temperatura de 20°C em dez dias, ainda que alguns enterovírus possam sobreviver por vários meses (Blanc & Nasser, 1995).

Entre os indicadores de poluição fecal mais usados, destaca-se o coliforme *Escherichia coli* e o *Enterococci*, sempre presentes nas fezes humanas. Por outro lado, algumas bactérias anaeróbias, como o *Clostridium bacteroides* e o *Bifidobacterium*, também servem como indicadores (Mancuso, 1988).

Os organismos indicadores comumente empregados servem apenas para indicar a existência da poluição fecal e não podem ser tomados como medida do grau da poluição ou da presença de microorganismos patogênicos. De modo geral, se for constatada a contaminação fecal da água, pode-se supor a presença de elementos patogênicos (Bernarde, 1973).

As principais bactérias patogênicas, ou potencialmente patogênicas, excretadas com as fezes são: *Campylobacter foetus* (*spp. jejuni*), *Escherichia coli* (patogênicas), *Salmonella* (*typhi*, *paratyphi* e outras), *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae* e *Yersinia enterocolitica*.

A diarreia é o sintoma mais importante das infecções intestinais. As bactérias podem invadir o organismo causando infecções localizadas ou generalizadas, sendo estas invasões, características da febre tifóide ou outras febres entéricas, causadas pelas Salmonellas. Quando a infecção fica restrita aos intestinos, o contágio entre indivíduos dá-se pelas fezes. Por outro lado, quando a infecção é generalizada, as bactérias têm acesso à corrente sanguínea e, em seguida, à urina (Ottolenghi & Hamparian, 1987).

Também são relativamente limitadas as informações sobre a sobrevivência de bactérias em águas subterrâneas. Em geral, tem-se como pacífica a teoria de que o período de sobrevivência desses organismos, de forma geral, é mais longo em águas subterrâneas do que em águas superficiais, em virtude da ausência de luz do sol e da baixa intensidade de competição por nutrientes disponíveis. Da mesma forma, a temperatura constitui-se num fator importante, com as bactérias sobrevivendo por maior tempo a temperaturas mais baixas.

A natureza química das águas subterrâneas também afeta a capacidade de sobrevivência de qualquer bactéria presente. Bactérias entéricas, em geral, apresentam dificuldades de sobrevivência em condições ácidas e em graus variáveis, ocorrendo o mesmo em águas subterrâneas salobras.

As bactérias entéricas sobrevivem em águas subterrâneas por períodos de tempo consideráveis (cem dias ou mais), dependendo da temperatura. Em países mais quentes, a temperatura das águas subterrâneas rasas (nível freático) é relativamente elevada. Assim, o período de sobrevivência de microorganismos entéricos deve ser menor nas águas subterrâneas de países tropicais do que daqueles temperados. Todavia, a possibilidade da reprodução deve ser levada em consideração, na medida em que é sabido que, diversos tipos de bactérias podem desenvolver-se e reproduzir-se em águas que contenham sais minerais e uma fonte de energia (Lewis, 1986).

Antes dos anos cinquenta, os estudos de microorganismos patogênicos nas águas subterrâneas restringiam-se apenas à qualidade da água, ou seja, a verificação de ocorrências dos organismos. A partir desta década, surgiram os primeiros esforços, para compreender os mecanismos de movimento das bactérias e vírus nas águas subterrâneas.

Os primeiros estudos expressivos e experimentais de campo sobre o movimento de microorganismos no solo foram realizados por grupos de pesquisadores do Laboratório de Pesquisa de Engenharia Sanitária da Universidade da Califórnia, em Berkeley (USA). Krone *et al.* (1957), em um projeto de três anos, injetaram água contaminada por esgotos em um aquífero confinado à 29m de profundidade, e monitoraram o poluente, utilizando uma rede de 23 poços de observação. As bactérias foram encontradas em distâncias de até 30m do poço injetor na direção normal ao gradiente hidráulico. Wesner e Baier (1970) conseguiram resultados semelhantes na injeção de água poluída em poços, na Califórnia. Os cientistas observaram a presença constante de bactérias coliformes em poços de observação à 30m de distância do poço injetor.

Na maioria dos casos, as bactérias sobrevivem de dois a três meses nos solos de climas temperados, apesar de terem sido mostradas taxas de sobrevivência de até cinco anos. A sobrevivência dos organismos no solo depende de vários fatores e é maior na estação chuvosa devido ao aumento da umidade no solo. Baixos pHs, além de aumentar a adsorção, são responsáveis pela redução na quantidade de nutrientes disponíveis para a bactéria. A quantidade de luz também é outro fator importante, já que a luz ultravioleta é bactericida (Gerba *et al.*, 1975). Estudos de campo já mostraram que em aquíferos heterogêneos de areia e cascalho, as bactérias podem ser transportadas por dezenas ou centenas de metros. O transporte de microorganismos em fraturas e/ou fissuras se dá ainda mais rapidamente, e as distâncias percorridas pelos organismos podem chegar a quilômetros (Freeze e Cherry, 1979).

O transporte de vírus em aquíferos arenosos foi observado por Bales *et al.* (1989), logo que os sais solúveis destes vírus se dispersaram nos fluxos de água subterrânea, e sob determinadas condições químicas foram transportados a poucos metros de distância.

O processo mais intenso de retardamento do vírus no solo acontece por adsorção, porém este mecanismo de retenção do vírus nas paredes dos grãos de solo pode não ser permanente, ou seja, os vírus podem eventualmente desagregar as partículas sólidas, retornar à solução e continuar se movimentando. Bales *et al.* (1991) estudaram estes processos de adsorção dos vírus nas partículas sólidas e a reintegração dos vírus na solução utilizando colunas com esferas de silicato e bacteriófagos PRD-1 e MS-2. Uma vez que os vírus estavam aderidos às esferas, o estímulo à desagregação destes das esferas de silicato foi realizado com o aumento do pH da solução. Este trabalho ilustra a importância das perturbações químicas no transporte de biocolóides. Os autores afirmam que existem vários processos que contribuem para a aderência dos vírus e outros colóides nas partículas sólidas: atração e repulsão eletrostática, forças de Van der Waals, interações covalente-iônicas, ligações das moléculas de hidrogênio e efeitos hidrofóbicos.

O transporte do bacteriófago PRD-1, bactérias e microesferas de látex foram estudados por Bales *et al.* (1995), em um aquífero arenoso sob condições de gradiente natural. Sob as condições estudadas, não houve significativo movimento do fago à frente do traço de sal. Maior sorção em pH inferior, aparentemente resultou em maior atenuação do bacteriófago, e uma aparente divergência vertical do vírus e plumas de traço de sal. Os três colóides e traço de sal (Br^-) moveram-se ao longo da mesma pluma. A atenuação do fago foi significativa, com picos inferiores a 0,001% daqueles do Br^- . A atenuação de bactéria e microesferas foi menor, com picos de concentrações aproximadamente de 10 e 1% daqueles do Br^- , respectivamente. Por causa de suas características de transporte comparáveis e da boa sensibilidade analítica, os bacteriófagos têm sido considerados bons traçadores do movimento da pluma biocolóide.

Em estudos recentes, Matos (2001), utilizando bacteriófagos como traçadores, verificou a ocorrência e transporte de microorganismos no aquífero freático em cemitério cujo solo é formado por material de alteração das rochas graníticas, de caráter predominantemente argiloso. Os resultados mostram que as bactérias são transportadas alguns metros, diminuindo em concentração com o aumento da distância da fonte de contaminação. Os vírus parecem ter uma mobilidade maior que as bactérias, alcançando, no mínimo, algumas dezenas de metros no aquífero freático da área estudada. Os vírus foram transportados, pelo menos, 3,2 m na zona não saturada até alcançar o aquífero.

É de especial interesse para a proteção de poços saber os mecanismos que controlam o transporte de microorganismos nos aquíferos, para dimensionar distâncias de proteção adequadas entre a fonte de contaminação, por exemplo, e poços de abastecimento. Os estudos de transporte, dos organismos nos meios porosos, no entanto, muitas vezes se restringem aos laboratórios, devido

às dificuldades encontradas nos trabalhos de campo, pois nem sempre é economicamente viável montar uma rede de poços de observação, e é necessário ter um alto grau de controle devido ao grande número de parâmetros que podem influenciar o transporte dos organismos (temperatura, luz, pH, existência de microorganismos e nutrientes, etc.). Um fator importante é o risco envolvido na injeção de organismos no solo ocasionando o desequilíbrio da fauna que habita o meio subterrâneo, a qual representa um papel importante nesse ecossistema específico.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa está sendo desenvolvida na Estação de Tratamento de Esgotos de Vila Nossa Senhora dos Remédios, distrito do município de Salesópolis – SP. Este município está localizado a leste da Região da Grande São Paulo, às margens do rio Paraitinga, afluente do rio Tietê, limitando-se ao norte com os municípios de Santa Branca e Guararema, ao sul com São Sebastião e Bertioga, a leste com Paraibúna e a oeste com Biritiba Mirim, conforme mostra a Figura 1.

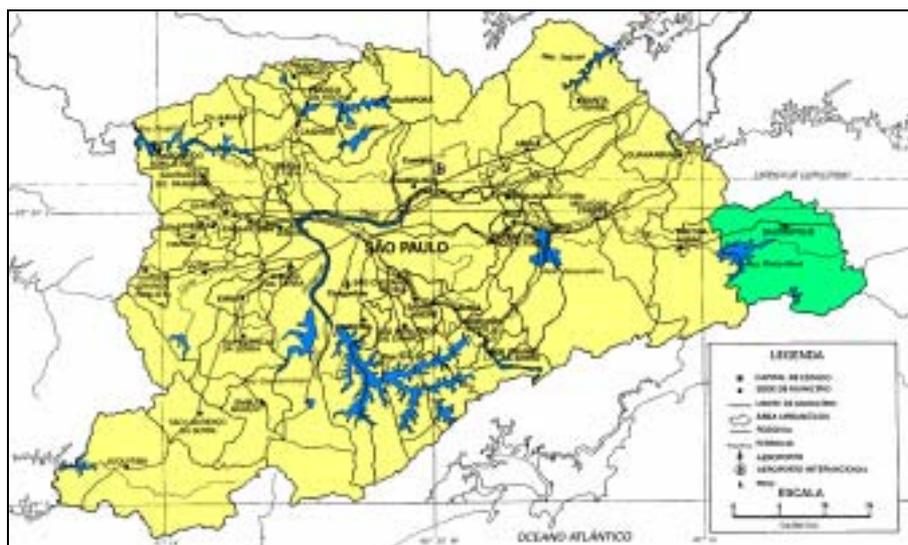


Figura 1 – Mapa de localização do município de Salesópolis – SP.

Características da Região

Quase a totalidade da área do município de Salesópolis (98%) está localizada em área de proteção de mananciais, uma vez que, está situado na região da nascente do rio Tietê, manancial que abastece a sede municipal, e que recebe a contribuição dos rios Paraitinga, Claro e Biritiba. A região de Salesópolis, portanto, encontra-se protegida pela Lei de Proteção de Áreas de Mananciais (Decreto Estadual nº 1172, de 17/11/76).

O distrito de Nossa Senhora dos Remédios localiza-se à 13 km ao sul da sede do município e pertence à bacia hidrográfica do ribeirão Peroba, enquanto que a sede do município pertence à bacia hidrográfica do rio Paraitinga, ambos contribuintes do rio Tietê.

A região possui clima tropical de altitude, temperatura média anual de 15,3°C e aproximadamente 80% de umidade relativa do ar.

Os usos agrícolas da bacia do Paraitinga são basicamente o cultivo de hortaliças, madeira para produção de papel e plantas ornamentais, enquanto que na bacia do ribeirão Peroba praticamente restringe-se ao cultivo de hortaliças. Suas águas são utilizadas para irrigação, pesca recreativa, atividades de lazer e abastecimento público.

Segundo o Decreto Estadual nº 10755 de 21/11/77, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água, o local escolhido para a estação de tratamento de esgotos pertence à classe 2.

ESTUDOS REALIZADOS

Caracterização hidrogeológica

Antes de dar início à intervenção no meio físico, foram instalados 55 poços de monitoração distribuídos ao longo do terreno em distâncias de 4m x 8m, com profundidade média de 2,5m e filtro na área saturada do aquífero.

Os dados de topografia juntamente com a investigação geofísica através de sondagens elétricas verticais e caminhamentos eletromagnéticos, foi possível caracterizar o aquífero freático local quanto à sua estrutura e comportamento hidrodinâmico.

As medidas do nível freático do aquífero em cada poço forneceram os dados para a construção do mapa potenciométrico, com a determinação das linhas de fluxo. Estas medidas de nível identificaram que o aquífero é bastante raso com profundidades variando entre 0,30m a 2,00m. no máximo, no local investigado.

A condutividade hidráulica (K) foi determinada utilizando-se dois métodos diferentes, um de campo, através de ensaios de infiltração nos poços de monitoração (*slug test*) e o outro em laboratório, através das análises granulométricas das amostras de solo retiradas durante a perfuração dos poços, para comparação de resultados. Estes apresentaram grandezas de condutividade hidráulica equivalentes, na faixa de 10^{-5} a 10^{-3} cm/s.

Caracterização físico-química do solo

Por tratar-se de uma área com pequena dimensão, praticamente plana e solo homogêneo, apenas 10 amostras foram selecionadas para a caracterização granulométrica. Estas amostras foram escolhidas de modo a representar toda a área pesquisada.

Os resultados das análises granulométricas dos sedimentos, de acordo com a classificação de *Shepard*, mostrou a predominância de areias argilosas (60% das amostras) e o restante está dividido em argilas arenosas (20% das amostras) e areias ou arenitos (20% das amostras).

A análise química para dosar matéria orgânica nas dez amostras revelou que nove delas apresentam teor de matéria orgânica entre 2,35% e 5,00% e apenas uma amostra com 26,93%. Desprezando-se o resultado discrepante, totalizou-se uma média de 3,97% e desvio padrão de 1,08%.

A dosagem de carbonato por ataque ácido mostrou que o teor de carbonato nas 10 amostras varia de 2,21% a 5,86% (média de 4,40% com desvio padrão de 1,34%).

Caracterização das águas subterrâneas

Após a implantação dos poços de monitoração, uma primeira coleta de água foi efetuada para a verificação da qualidade das águas do aquífero freático, antes do início da infiltração do efluente no solo.

Os resultados das medidas efetuadas nas águas dos 55 poços mostram que a temperatura média das águas é de 18,4°C, o pH médio é de 5,6 variando de 5,1 a 6,3. Os resultados de potencial redox (Eh) variam de -6mV a 222mV, notando-se um ambiente oxidante na maioria das amostras e apenas três delas apresentam um caráter redutor.

A condutividade elétrica das águas varia de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mantendo uma média de aproximadamente 127 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nas amostras selecionadas, em número de dez, os parâmetros químicos mais expressivos para a caracterização dessas águas são os íons maiores representados pelos ânions Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2-} e cátions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , cujos resultados médios são os seguintes para os ânions: Cl^- - 0,50 mg/L, NO_3^- - 0,05 mg/L, SO_4^{2-} - 0,49 mg/L, e para os cátions: Na^+ - 0,57 mg/L, K^+ - 0,15 mg/L, Ca^{2+} - 0,72 mg/L e Mg^{2+} - 0,42 mg/L.

Nesta primeira coleta, apenas três amostras foram escolhidas para análise bacteriológica e não foi detectada presença de coliformes termotolerantes em nenhuma delas.

Caracterização climática

Através de medidas diárias efetuadas em um tanque Classe A e um pluviômetro, foram obtidos resultados de evaporação e pluviosidade do local. Estes resultados são referentes a um

período de tempo que corresponde a um ano, os quais indicam uma pluviometria de 1172,2 mm no ano (de 05/2003 a 04/2004) e uma evaporação de 975,6 mm para o período considerado.

Metodologia para a infiltração induzida

A infiltração do efluente no solo será realizada por meio de uma trincheira escavada obedecendo as seguintes medidas: 0,30m x 0,50m x 1,50m, profundidade, largura e comprimento respectivamente. Esta trincheira será alimentada por um reservatório de 2.000L de efluente doméstico, proporcionando uma infiltração contínua e sem transbordo.

CONCLUSÕES

A caracterização do meio físico, do solo, físico-química-bacteriológica das águas do aquífero freático, assim como de sua hidrodinâmica, nos proporcionou um diagnóstico ambiental do local estudado, que aliado aos fatores climáticos (pluviometria e evaporação) servirão como base para o estudo da infiltração de esgotos domésticos, objetivo principal do projeto.

Assim, já temos conhecimento das características das possíveis interferências deste meio estudado – físico/químico/bacteriológico do solo e águas subterrâneas – que nos apresentam um meio próprio de planície aluvial, com lentes de argila à areias grossas, com interdigitação de seus membros. Variação da condutividade hidráulica local de 10^{-5} a 10^{-3} cm/s, baixa salinização de suas águas tendo em média 80 mg/L e, principalmente, ambiente sem microrganismos termotolerantes, que serão os traçadores da parte final desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BALES, R. C., GERBA, C. P., GRONDIN, G. H., JENSEN, S. (1989) L. Bacteriophage transport in sandy soil and fractured tuff. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 55, p. 2061-2067.
- [2] BALES, R. C., HINKLE, S. R., KROEGER, T.W e STOCKING, K. (1991) Bacteriophage adsorption during transport through porous media: chemical perturbations and reversibility. *Environmental Science Technology*, v. 25, nº 12, p. 2088-2095.
- [3] BALES, R. C., LI, S., MAGUIRE, K. M., YAHYA, M. T., GERBA, C. P. e HARVEY, R. W. (1995) Virus and bacteria transport in a sandy aquifer, Cape Cod, MA. *Ground Water*, v. 33, nº 4, p. 653-661.
- [4] BERNARDE, M.A. (1973) Land disposal of sewage effluent: appraisal of health effects of pathogenic organism. *J. Am. Water Works Assoc.*, 85: 432.

- [5] BLANC, R. & NASSER, A. (1995) Effect of effluent quality and temperature on the persistence of viruses in soil. *Water Sci. Technol.*, 33: 237-42.
- [6] BORN, R.H.(1991) *Aspectos conceituais, ambientais e de saúde pública do aproveitamento (re-uso) de águas residuárias no solo como instrumento de administração da qualidade ambiental*. São Paulo. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP.]
- [7] FREEZE, R. A., CHERRY, J. A. (1979) *Ground Water*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- [8] GERBA, C. P., WALLIS, C. e MELNICK, J. L. (1975) Fate of wastewater bacteria and viruses in soil. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 101, p. 157-174.
- [9] JORDÃO, E. P. & PESSÔA, C. A. (1995) *Tratamento de Esgotos Domésticos*. ABES. Rio de Janeiro, 3.ed., 720p.
- [10] KIM, T. D. & UNNO, H. (1995) The roles of microbes in the removal and inactivation of viruses in a biological wastewater treatment system. *Water Sci. Technol.*, 33: 243-9.
- [11] KRONE, R. B., MCGAUHEY, P. H. e GOTAS, H. B. (1957) Direct recharge of groundwater with sewage effluents. *Journal of the Sanitary Engineering Division*, 83 (SA4), p. 1325 -1335.
- [12] LEWIS, W.J. *et al.* (1986) *O risco de poluição de lençol freático por sistemas de disposição local de esgotos*. Brasília, Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.
- [13] MANCUSO, P. C. S. (1988) *Reuso de água*. São Paulo. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP.]
- [14] MATOS, B. A. (2001) *Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo*. 114 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- [15] MOORE, B. E. *et al.* (1981) Viral transport to ground water at a wastewater land application site. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 53: 1492-502.
- [16] OTTOLENGHI, A. C. & HAMPARIAN, V. V. (1987) Multiyear study of sludge application to farm land: prevalence of bacterial enteric pathogens and antibody status of farm families. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53: 1118-24.
- [17] WESNER, G. M., BAIER, D. C. (1970) Injection of reclaimed wastewater into confined aquifers. *Journal of the American Water Works Association*, 62, p. 203-210.