

AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL PELA IMPLANTAÇÃO DE UM CEMITÉRIO HORIZONTAL NA REGIÃO DO TAPANÃ, BELÉM – PARÁ: ESTUDO GEOTÉCNICO

Leonardo Augusto Lobato Bello *¹

Stoessel Farah Sadalla Neto *²

Wandemyr Mata dos Santos Filho *³

RESUMO: Este trabalho apresenta resultados obtidos através de investigações de campo sobre a viabilidade de implantação de um cemitério horizontal dentro dos preceitos de preservação ambiental. Através de algumas sondagens geotécnicas tornou-se possível a visualização das camadas ou estratigrafia do subsolo local e o nível do lençol freático. Alguns ensaios de infiltração *in loco* foram realizados para determinação do coeficiente de infiltração do material. Com essas informações foi possível prever o comportamento de permeabilidade do solo local e estimar o tempo de trânsito do efluente danoso até os aquíferos mais próximos.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a cidade de Belém apresenta carência de áreas públicas para sepultamentos de seus habitantes. Assim, é grande o número de empresas interessadas em implantar empreendimentos que preencham essa lacuna. Entretanto, para a implantação de um cemitério é necessário um prévio licenciamento junto ao órgão que controla a atual política de preservação ambiental do estado, neste caso a SECTAM – Secretaria Estadual de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente.

A licença é obtida após um estudo detalhado do possível impacto ambiental causado pela infiltração do necro-chorume, líquido proveniente da decomposição orgânica dos cadáveres, no ambiente sub-superficial e contaminação do lençol freático local.

Neste primeiro trabalho são apresentados os resultados obtidos pelo Grupo de Pesquisa em Geotecnia Ambiental da UNAMA – GEA, a partir de estudos

geotécnicos realizados em campo, em uma área localizada no Tapanã, município de Belém, onde pretende-se implantar um cemitério horizontal.

Para uma completa avaliação do impacto ambiental causada pela implantação deste empreendimento, é necessário, ainda, a realização de um programa de monitoramento da qualidade de água subterrânea do local. Essa segunda etapa encontra-se em andamento e será apresentada posteriormente em um novo artigo técnico.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ÁREA EM ESTUDO

2.1 – Localização

O terreno em estudo, de propriedade da empresa TRANSTERRA TERRAPLENAGEM LTDA, está situado no Tapanã, município de Belém, estado do Pará,

*¹ Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Civil – Geotecnia – PUC/RJ, Professor do DEC/UNAMA, Supervisor de TCC/UNAMA, Pesquisador associado ao GEA/UNAMA

*² Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Civil – Geotecnia – PUC/RJ, Doutorando – PUC/RJ, Professor do DEC/UNAMA, Coordenador do GEA/UNAMA

*³ Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil - Geotecnia - PUC/RJ, Professor do DEC/UNAMA, Pesquisador associado do GEA/UNAMA, Professor da ETPFA, Coordenador dos Laboratórios de Materiais de Construção e Mecânica dos Solos/UNAMA

conforme observado na Figura 1.

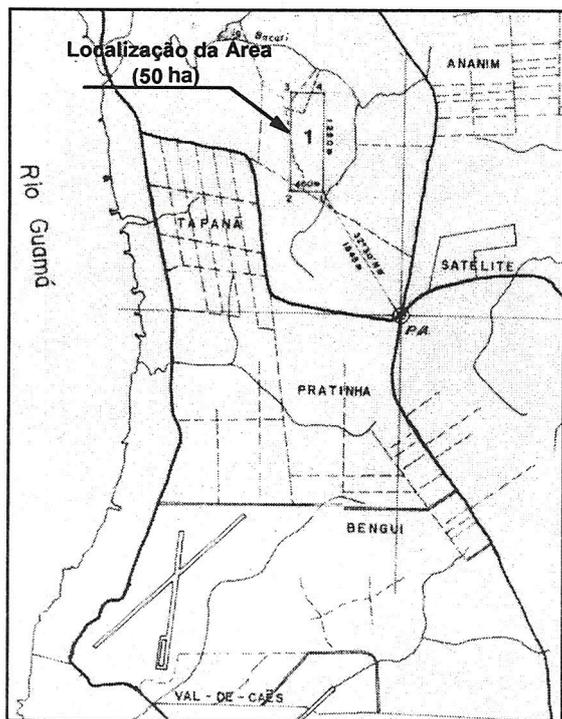


Figura 1 - Localização do terreno original

Neste local pretende-se construir um cemitério horizontal com área aproximada de 16 ha, que corresponde a parte do terreno em questão, com cerca de 50 ha. A Figura 2 apresenta o *lay out* da área destinada a implantação do cemitério.

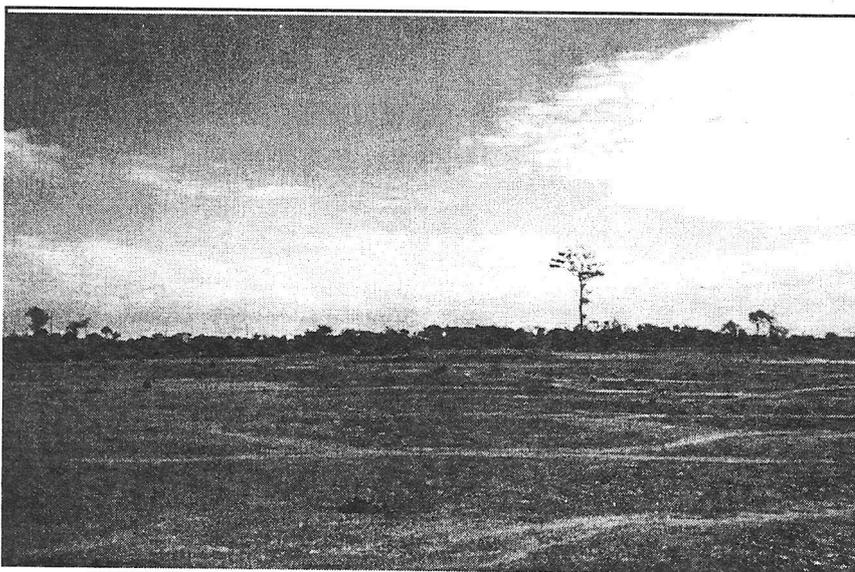


Figura 3 - Visão parcial do terreno no sentido NO

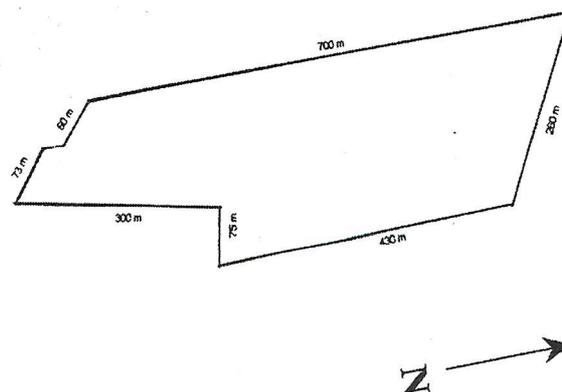


Figura 2 - Lay out do terreno destinado a implantação do cemitério

O acesso à área partindo-se do centro de Belém é Rodoviário através da Rd. Augusto Montenegro e da estrada do Tapanã, ambas asfaltadas, num percurso total de 13 km.

Historicamente, a área tem sido explorada desde 1994 como jazida de Saibro e Laterita para fins da construção civil, sendo o material extraído classificado como Classe II na identificação do Departamento Nacional de Produção de Mineral DNPM/MME. A estimativa de reserva da jazida é de 480.000 m³, sendo a sua vida útil estimada em 12 anos e 8 meses.

2.2 – Aspectos Topográficos

A topografia original do terreno apresentava um ligeiro caimento para a direção leste, no sentido do igarapé Paracuri, distante aproximadamente 150 m do limite previsto para o cemitério.

Devido ao aproveitamento ordenado e planejado das reservas minerais locais, a área apresenta-se praticamente nivelada em uma cota cerca de 4 a 5 m abaixo da cota natural mais alta (Figura 3).

2.3 – Clima

O clima na área é megatérmico e úmido devido a grande proximidade do Equador, com temperaturas médias em torno de 26° C. Os meses mais quentes observados são os de outubro e dezembro, com máximas em torno de 32° C. O inverno se apresenta quente, com pluviosidade média anual de 2.500 a 2.750 mm. Janeiro é o mês de maior pluviosidade, com cerca de 65% do total das chuvas, implicando em grandes excedentes hídricos e conseqüente aumento do escoamento superficial e cheia dos rios.

2.4 - Vegetação

A cobertura vegetal primária era dominada pelas formações florestais: a *parennifolia*, *higrófila*, *hikeina* – na floresta amazônica de terra firme - e a *perenifolia* – na floresta amazônica periodicamente inundada.

2.5 - Ocupação no Entorno do Terreno

Foi observado ao longo do igarapé Paracuri, divisor natural a leste do terreno, distante aproximadamente 150 m, uma faixa com 50 m de largura, totalmente preservada, com flora natural bastante densa e inalterada.

Apenas poucas habitações são encontradas no entorno da área estudada. No lado oeste distam cerca de 50 m, separadas ainda por uma estrada de terra batida.

Outra ocorrência marcante na região é a existência de dois possíveis focos de contaminação prévia à instalação do empreendimento proposto: um cemitério municipal, distante cerca de 300 m no sentido SO do terreno, e uma pequena usina de asfalto distante aproximadamente 400 m no mesmo sentido.

Foi observada a ocorrência de uma pequena quantidade de efluente de origem betuminosa proveniente dos fundos da usina de asfalto. Possivelmente a grande distância desse foco associada às características de viscosidade do efluente e permeabilidade do solo impedem a contaminação na região estudada.

3 – ESTUDOS GEOTÉCNICOS

3.1 – Levantamento Superficial

Os estudos para caracterização geotécnica do ambiente de sub-superfície na área foram baseados em sondagens mecânicas do tipo SPT e em investigações e análises da superfície local.

Historicamente a região já havia sido explorada como jazida laterítica. Portanto, alguns indícios sobre as características do subsolo já se mostravam bastante perceptíveis. Através de alguns cortes verticais com cerca de 4 m de altura, conforme mostrado na Figura 4, pôde-se perceber o perfil estratigráfico natural do solo a partir de uma cota mais elevada até o nível atual do terreno, demonstrando a homogeneidade do terreno.

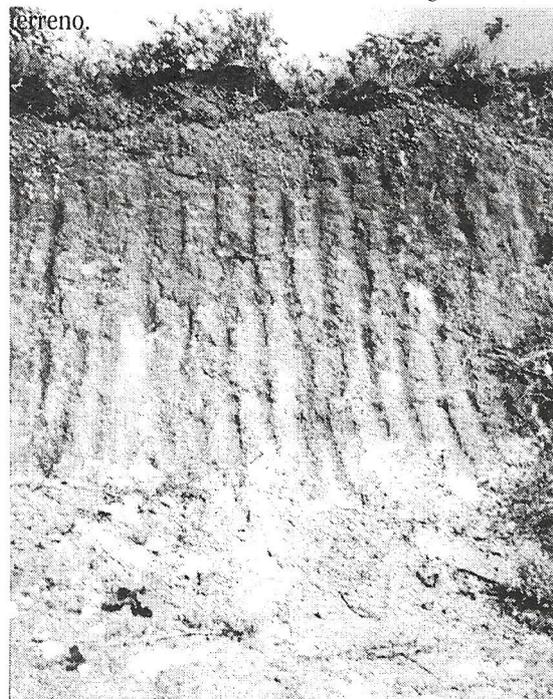


Figura 4 - Visão de um corte no lado oeste do terreno

3.2 – Prospecção Geotécnica

Para a prospecção geotécnica da área foi contratada a empresa SOLOS E ROCHAS LTDA, que empregou o processo de sondagem à percussão com circula-

ção de água, em conformidade com a NBR-6484, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Foram realizados 06 (seis) furos de sondagem do tipo SPT – Standard Penetration Test, localizados no terreno segundo a Figura 5.

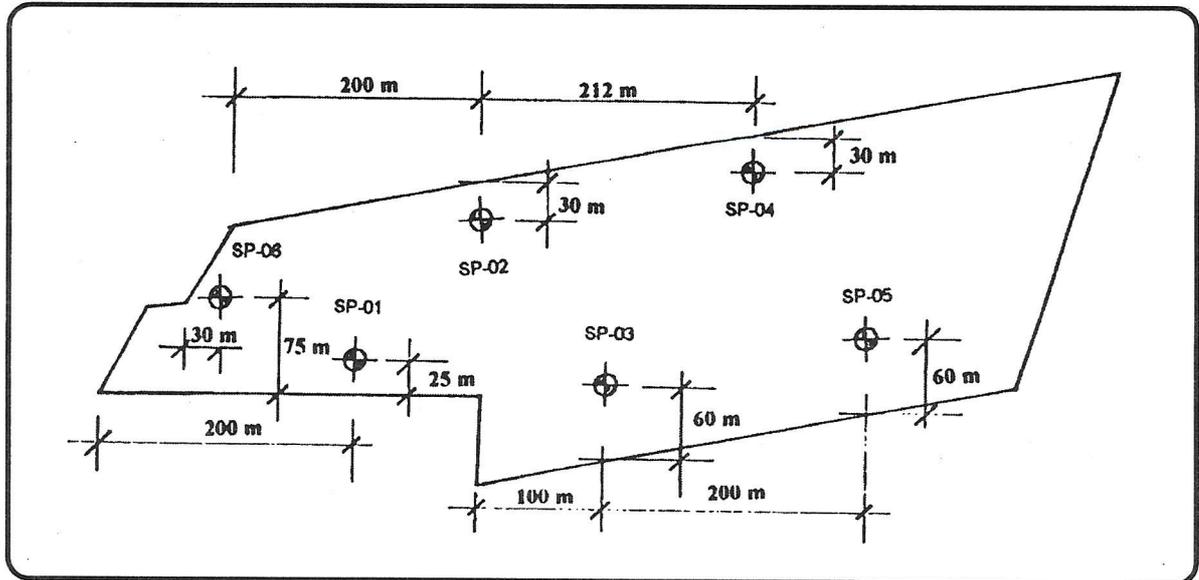


Figura 5 – Localização dos furos de sondagem

Na Figura 6 é apresentado o perfil geotécnico típico encontrado na região.

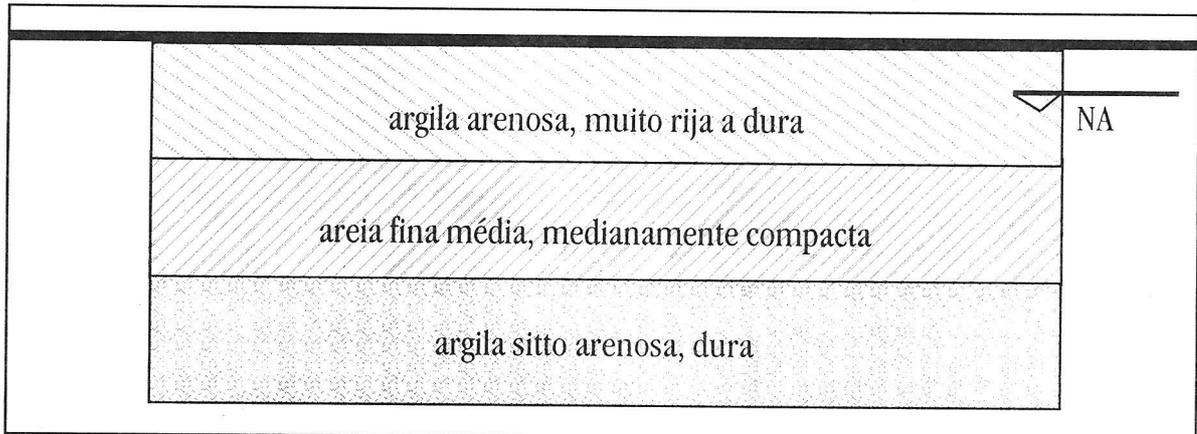


Figura 6 – Perfil típico do subsolo

4 – INTERPRETAÇÃO DAS SONDAGENS

4.1 – Espessura das camadas

Os furos de sondagem revelaram a existência de uma camada de argila bastante compacta e muito rija com teores de silte em sua predominância sobre a

areia, com espessura variando de 2,40 a 11,67 m, e outra, subjacente a anterior, constituída de areia fina, com espessura variando de 1,86 a 5,54 m. A Tabela 1 apresenta um resumo destes valores.

Tabela 1 - Espessura das camadas superficiais encontradas

Furos de Sondagem	Espessura da Camada (m)	
	De Argila (superficial)	De Areia (subjacente)
SP-01	2,40	5,54
SP-02	7,60	3,08
SP-03	5,96	3,19
SP-04	4,97	*
SP-05	11,67	3,63
SP-06	6,68	1,86

A existência de camada superficial com material extremamente fino configura um fator positivo para a implantação do cemitério, visto que a sua capacidade de infiltração é muito pequena, apresentando, normalmente, coeficientes de permeabilidade da ordem de 10^{-6} a 10^{-8} cm/seg. Quanto menor esse valor maior tempo será necessário para que o efluente das covas atinja as camadas saturadas de solo.

4.2 - Aspectos Geológicos Relativos à Formação do Solo

Até o limite das sondagens o subsolo e de formação sedimentar aluvionar.

4.3 - Condição de Saturação do Subsolo

A Tabela 2 apresenta um resumo das informações encontradas nas sondagens no que diz respeito a profundidade do lençol freático encontrado em cada furo e a distância ao fundo da cova (assumiu-se uma profundidade média para as covas de 1,20 m).

Tabela 2 - Espessura das camadas "disponíveis" não saturadas

Furos de Sondagem	Profundidade lençol encontrado (m)	Profundidade média das covas (m)	Espessura da camada não saturada abaixo das covas (m)
SP-01	3,00	1,20	1,80
SP-02	2,18	1,20	0,98
SP-03	1,97	1,20	0,77
SP-04	3,12	1,20	1,97
SP-05	3,18	1,20	1,98
SP-06	2,11	1,20	0,91

Em todos os casos observou-se uma espessura bastante reduzida entre o nível inferior das covas e o topo do lençol freático, sendo o furo SP-03 o mais crítico com apenas 77 cm de espessura. Este fator será avaliado posteriormente juntamente com as informações de permeabilidade obtidas em campo para a determinação do “tempo de trânsito” do efluente. A influência da realidade encontrada *in loco* sobre o tempo de trânsito poderá ser minorada caso caracterize-se, realmente, a existência de material altamente impermeável como barreira no transporte do contaminante orgânico advindo do cemitério.

5 - CARACTERÍSTICA DE INFILTRAÇÃO DO LOCAL

5.1 - Influência da Permeabilidade

Dentre as várias condicionantes naturais do local que governam ou controlam o nível de contaminação proveniente da implantação de um cemitério horizontal, a permeabilidade do solo é certamente uma das mais importantes.

A permeabilidade é a propriedade que o meio poroso, no caso o solo, apresenta de permitir o escoamento ou transporte de um líquido através dos seus interstícios, sendo o seu grau de permeabilidade expresso numericamente pelo “coeficiente de permeabilidade” (m/dia ou cm/s). Na realidade esse coeficiente expressa a maior ou menor facilidade que o líquido apresenta para ultrapassar a barreira porosa.

Em particular, nos estudos para implantação de cemitérios, a importância da velocidade de infiltração em uma determinada camada pode ser compreendida devido a existência do necro-chorume resultante da decomposição dos cadáveres. Esta substância é uma solução aquosa, rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, cor castanho-acinzentada, mais viscosa que a água, polimerizável, de odor forte e pronunciado, com grau elevado de toxicidade e patogênica.

A profundidade da camada não saturada a ser transposta (Z_1) e a característica de permeabilidade (k) mostradas na Figura 7 são incógnitas que configuram o chamado Tempo de Trânsito, ou seja, o tempo necessário para o contato do necro-chorume com a zona saturada pelo aquífero freático.

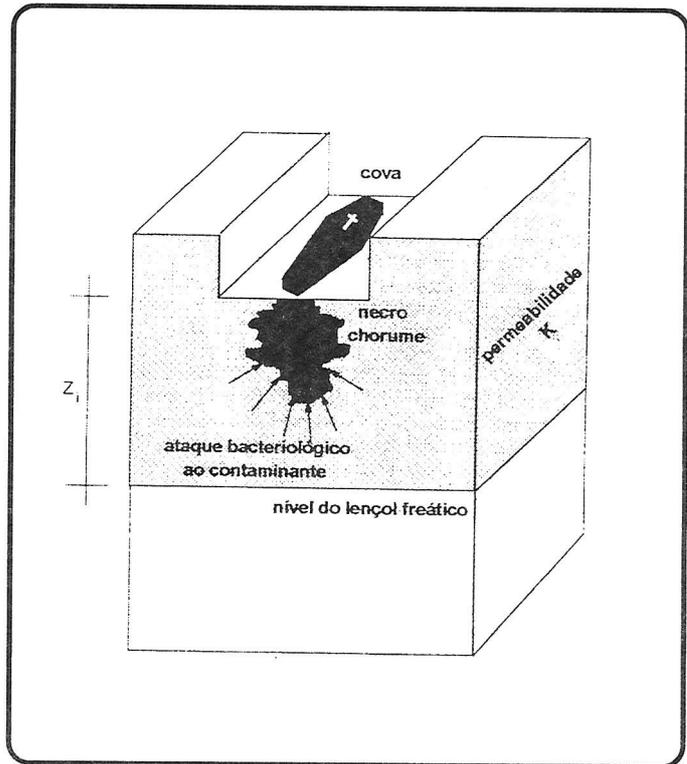


Figura 7 - Infiltração do Necro-Chorume no solo

Permeabilidades baixas, características de solos de granulometria fina, como siltes e argilas, são ideais para este tipo de empreendimento. Nessas situações, a pequena velocidade de infiltração permite a biodegradação do contaminante através da ação de bactérias normalmente encontradas no ambiente sub-superficial (Figura 7), não permitindo o contacto maléfico do necro-chorume com o lençol freático.

Na Figura 8 estão apresentados, segundo A. Casagrande e R. E. Fadum, os intervalos de variação do coeficientes de permeabilidade (k) para os diferentes tipos de solo.

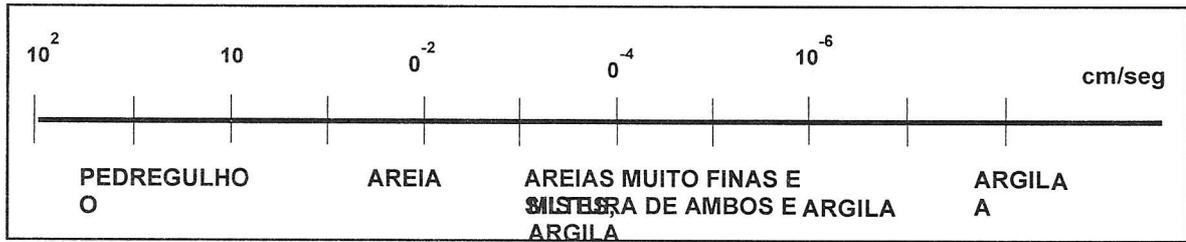


Figura 8 - Intervalos de variação de k segundo Casagrande

5.2 - Ensaio de Infiltração

O desconhecimento das características de percolação do meio poroso é condição inicial que deve ser transposta para a instalação do cemitério sem que haja nenhum dano ao meio ambiente.

Em solos com grande variação de permeabilidade, a percolação pode concentrar-se em determinadas zonas, produzindo gradientes locais muito elevados, provocando instabilidade ou dificuldades no esgotamento de escavações. Mais especificamente, no caso de cemitérios, a baixa permeabilidade local é fator preponderante para que a matéria orgânica transportada seja oxidada pela ação de bactérias anaeróbias.

O coeficiente de permeabilidade pode ser determinado através de ensaios de laboratório em amostras indeformadas ou ensaios *in situ*. Por mais que sejam cuidadosos os ensaios de permeabilidade em laboratório, representam somente pequenos volumes de

solo em pontos individuais de uma grande massa. Portanto, a validade da aplicação dos valores nos ensaios obtidos aos problemas de percolação e drenagem dependerão de como possam ser considerados representativos da massa de solo.

Em projetos importantes justifica-se a realização de determinações *in situ* da permeabilidade as quais envolvem grandes volumes de solo fornecendo valores médios que levam em conta as variações locais no solo. Por outro lado, eliminam o problema do amolgamento das amostras indeformadas e a dificuldade de amostragem oferecida por algumas formações especiais de solos arenosos.

Dentre as várias técnicas disponíveis optou-se por empregar uma que representasse mais precisamente o processo de contaminação em questão. É o chamado "Ensaio de Infiltração", cujos princípios foram desenvolvidos por Henry Ryon em 1926 e que, com ligeiras modificações, é ainda hoje o melhor processo

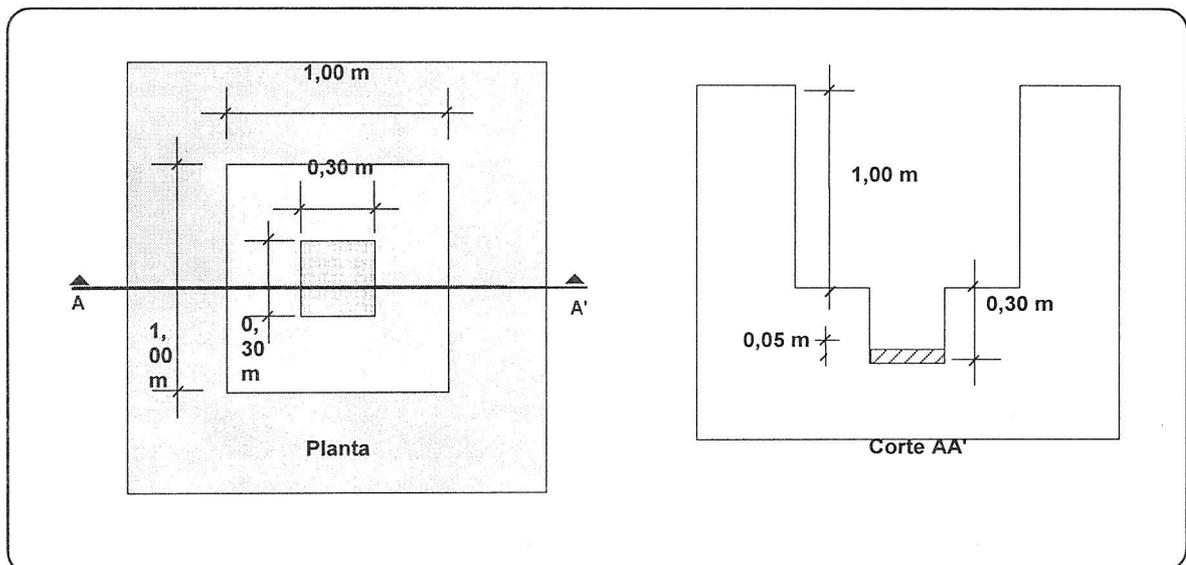


Figura 9 - Esquema das covas abertas para os ensaios de infiltração

que se dispõe para conhecer o comportamento dos terrenos quando lhes é lançado algum tipo de efluente.

Em linhas gerais o ensaio de infiltração consiste em:

- Proceder a abertura de uma cova cujo fundo deverá coincidir com o plano útil de absorção;
- No fundo da cava, abrir um buraco de seção quadrada de 30 cm de profundidade;
- Preencher o fundo com uma camada de 5 cm de brita nº 1 bem limpa;
- Saturar o buraco durante quatro horas;
- Encher o buraco até altura de 15 cm do fundo, marcando o intervalo de tempo em que o nível da mesma baixe 10 cm.

No presente estudo foram abertas 04 "Covas-Padrão" concentradas na região de sepultamento, recebendo a sigla INF, para análise da infiltração. Assumiu-se uma profundidade de sepultamento de 1,20 m. A Figura 9 apresenta um esquema das covas utilizadas nos ensaios.

5.3 - Interpretação dos Resultados dos Ensaio de Infiltração

O resultado dos ensaios estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados obtidos nos ensaios de infiltração

Ponto	Leituras Obtidas (tempo)			Tempo Médio (min.)	
	T1	T2	T3	Pontual	Geral
INF-01	37'47"87	35'51"03	35'26"71	36,36	
INF-02	21'00"04	20'37"80	20'15"90	20,63	20,05
INF-03	8'02"20	7'50"34	7'15"16	7,71	
INF-04	16'23"43	15'35"12	14'43"6	15,56	

Notou-se uma consistência do solo acentuada em todas as covas e um mesmo padrão de textura e cor. *A priori* a análise tátil visual realizada durante as escavações foi indicativa de um solo laterítico muito rijo com baixo teor de quartzo.

Foram realizadas três leituras de tempo em cada cova-padrão e inferida a média aritmética pontual para cada INF (Tabela 3). A média geral encontrada, representativa de uma grande área estudada, foi de 20,05 minutos que associada a curva-chave (Figura 10) determinou um coeficiente de absorção de 30,41 l/m²/dia.

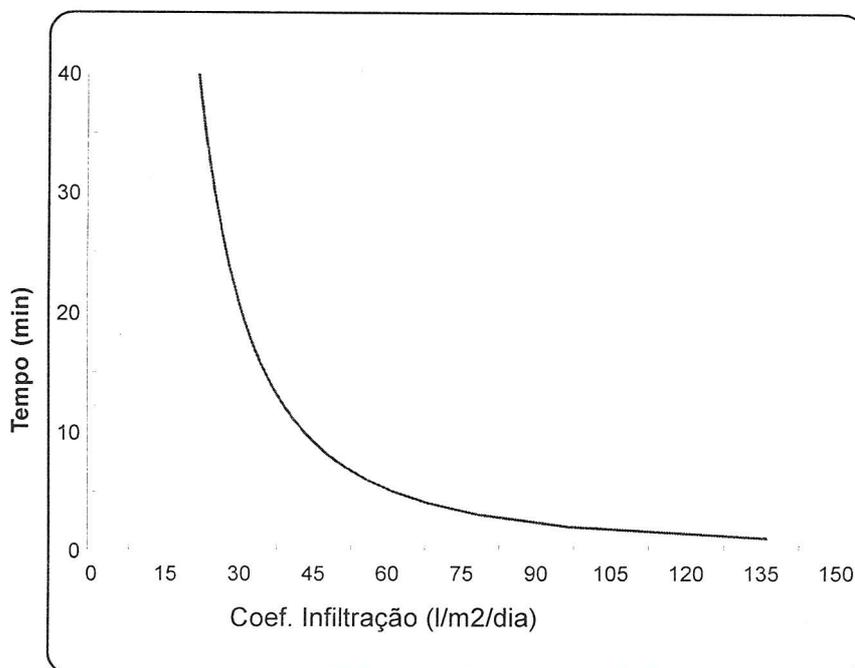


Figura 10 - Curva-chave para determinação do coeficiente de infiltração

O coeficiente encontrado é tipicamente de um solo impermeável, predominantemente argiloso com pequeno teor de silte e areia em sua constituição, ratificando a informação obtida anteriormente nos ensaios de sondagem. O coeficiente de permeabilidade, nessas características, está em uma faixa de 10^{-6} a 10^{-8} cm/seg, conforme Figura 8.

A estimativa de uma faixa admissível para o parâmetro de permeabilidade permite avaliar-se, posteriormente, o tempo necessário para que o necrochorume atinja o lençol freático.

6 - DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE TRÂNSITO

6.1 - Considerações Gerais

A relevância em determinar-se o chamado Tempo de Trânsito reside justamente no poder de previsão sobre o tempo que as bactérias anaeróbias dispõem para oxidar e bio-degradar o necrochorume transportado na massa de solo.

As investigações geotécnicas revelaram camadas localizadas de espessuras reduzidas por onde o efluente deve percolar. Em contrapartida, os ensaios de infiltração confirmaram o que já havia sido descoberto: camadas constituídas preponderantemente de argila com baixíssimo coeficiente de permeabilidade.

Pretende-se, então, confrontar as duas realidades encontradas para estimar o tempo de trânsito.

6.2 - Metodologia Empregada

Em 1856, o engenheiro hidráulico francês Henri D'Arcy, baseado nos seus experimentos, demonstrou que a quantidade de fluxo d'água (Q) através do solo é proporcional ao gradiente hidráulico (i), definido por $i = \Delta h/L$. Este postulado passou a ser conhecido com a *lei de Darcy*.

$$Q = k \cdot i \cdot A \quad \text{ou} \quad Q = k \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot A \quad \dots \text{[Eq. 1]}$$

Na equação anterior (lei de Darcy) o coeficiente que tornou a proporcionalidade uma igualdade é denominado coeficiente de permeabilidade do solo (k); L é o comprimento onde ocorre o fluxo; Δh é a diferença de carga entre dois pontos extremos do fluxo (entrada e saída) e A é a área da seção transversal onde ocorre o fluxo.

No caso das covas, o fluxo é vertical sendo a diferença de carga (Dh) o próprio comprimento a ser transposto. Portanto o gradiente hidráulico é unitário. A equação 1 torna-se:

$$Q = k \cdot 1 \cdot A \quad \dots \text{[Eq. 2]}$$

A definição de vazão é dada por:

$$Q = v \cdot A \quad \dots \text{[Eq. 3]}$$

Associando-se as equações 2 e 3 percebe-se que a velocidade de fluxo, para esse caso, assume o próprio valor do coeficiente de percolação. A equação 4 expressa essa hipótese.

$$v = k \quad \dots \text{[Eq. 4]}$$

Considerando que o espaço a percolar é a espessura da camada não saturada entre o fundo da cova e o topo do lençol freático, obtém-se uma estimativa do tempo de trânsito através:

$$T_t = \frac{e_c}{k} \quad \dots \text{[Eq. 5]}$$

onde,

T_t - tempo de trânsito;

k - coeficiente de permeabilidade;

e_c - espessura da camada a transpor.

Essa estimativa é razoável porém não considera o coeficiente de viscosidade e massa específica do fluido transportado. Entretanto, como o necro-chorume é um líquido mais denso do que a água ($1,23 \text{ g/cm}^3$), ao calcular T_t considerando o líquido como água estar-

se-á trabalhando a favor da segurança.

A Tabela 4 agrega os resultados calculados com as espessuras inferidas após as sondagens, associadas ao coeficiente de permeabilidade mais desfavorável indicado anteriormente (10^{-6} cm/seg), para cada furo de sondagem.

Tabela 4 - Estimativa do tempo de trânsito nos pontos de sondagem

Furo de sondagem	Espessura da Camada (m)	Coefficiente de Permeabilidade (cm/seg)	Tempo de Trânsito (dias)
SP-01	1,80	10^{-6}	2.083,33
SP-02	0,98	10^{-6}	1.134,26
SP-03	0,77	10^{-6}	891,20
SP-04	1,97	10^{-6}	2.280,09
SP-05	1,98	10^{-6}	2.291,66
SP-06	0,91	10^{-6}	1.053,24

Para o caso mais desfavorável encontrado, ou seja, a camada de apenas 77 cm, no furo SP-03, foi calculado um tempo de trânsito de 891 dias.

equação 6, que considera as características de permeabilidade do meio poroso, a contribuição diária de efluente dos corpos (Q_c), a área de influência das covas (A_c) e a espessura da camada a percolar (e_c).

6.3 - Análise Sobre o Efluente dos Cadáveres

Considera-se, normalmente, que o volume médio de efluente advindo da decomposição dos cadáveres é de cerca de 40 l/cadáver, produzidos em um período de 5 primeiros meses de inumação dos corpos. Esse volume produz uma contribuição diária de aproximadamente 0,27 l/dia. Na realidade um valor pontual bastante inexpressivo.

Associando as equações 2, 4 e 5 obtém-se a

$$T_t = \frac{e_c \cdot A_c}{Q_e} \quad \dots\dots[\text{Eq. 6}]$$

Considerando a área de influência dos caixões com 1 m^2 a Tabela 5 apresenta os resultados esperados nessas circunstâncias.

O tempo de trânsito avaliado para o caso mais desfavorável agora assume um valor bem mais considerado, cerca de 2.852 dias, valor mais que suficiente para a oxidação do efluente.

Tabela 5 - Estimativa do tempo de trânsito considerando a contribuição diária dos corpos

Furo de sondagem	Espessura da Camada (m)	Produção Diária dos Corpos (m³/dia)	Tempo de Trânsito (dias)
SP-01	1,80	2,7 x 10 ⁻⁴	6.666,67
SP-02	0,98	2,7 x 10 ⁻⁴	3.629,63
SP-03	0,77	2,7 x 10 ⁻⁴	2.851,85
SP-04	1,97	2,7 x 10 ⁻⁴	7.296,30
SP-05	1,98	2,7 x 10 ⁻⁴	7.333,33
SP-06	0,91	2,7 x 10 ⁻⁴	3.370,37

7 - CONCLUSÕES

A área em estudo tem sido explorada como jazida laterítica desde 1984. Entretanto, o processo empregado ao longo dos anos foi realizado de forma criteriosa e ordenada, garantindo preservação ambiental local. Houve preocupação em manter um nível de segurança entre o limite máximo de escavação previsto para a jazida e o atual. Não são encontradas cavas extremamente profundas e algumas espécies de flora nativa podem ser observadas em uma faixa de cerca de 50 m ainda totalmente preservada.

As investigações superficiais topográficas demonstraram uma preocupação do proprietário em manter um nivelamento razoável do terreno. O desnível atualmente observado no terreno se dá no sentido Leste, em direção ao riacho Paracuri, de forma extremamente suavizada.

A ocupação habitacional em um limite próximo ao redor da área estudada não é bastante intensa e dista no mínimo 50 m. Essa distância elevada garante que os pontos de captação de água para consumo nas vizinhanças não sejam comprometidas pela implantação do cemitério.

O curso d'água mais próximo é o Igarapé de-

nominado Paracuri. A sua margens mais próxima dista cerca de 350 m do limite do empreendimento, separada, ainda, por um trecho de 50 m de mata preservada. Essas condições garantem que não haja o contato dos efluentes do cemitério, tanto a nível de escoamento superficial quanto subterrâneo e preservam as condições naturais das águas.

As investigações geotécnicas revelaram algumas características relevantes sobre o ambiente de subsuperfície. A estratigrafia encontrada, ou seja, a disposição das camadas de solo em seu perfil, mostrou-se intercalada por faces de argila e areia. A camada mais superficial é constituída de uma argila siltosa em sua predominância, eventualmente com traços de areia fina. Esse tipo de solo constitui uma barreira natural praticamente impermeável que vem a ser extremamente importante para o contexto do empreendimento proposto. A implantação do cemitério demanda a existência de material que dificulte a percolação do efluente dos corpos em decomposição através do meio poroso. O controle da percolação do fluido ocorre, dentre outros fatores, em função da permeabilidade do solo e quantidade de efluente a absorver. Os estudos demonstraram que a camada mais superficial que receberá diretamente o necro-chorume, apresenta

coeficiente de permeabilidade e absorção extremamente baixo, respectivamente na ordem de 10^{-6} cm/s e 30,41 l/m²/dia. Esses valores podem ser avaliados como excelentes para o empreendimento proposto, assegurando baixas velocidades de fluxo através do solo.

As sondagens revelaram as profundidade dos níveis d'água em pontos específicos do terreno. Devido a exploração da jazida laterítica anterior através da retirada de uma quantidade de solo superficial, os níveis de água encontram-se próximos ao nível do terreno atual. Considerando que as covas terão profundidades de 1,20 m, a espessura da zona "não saturada" entre o fundo das mesmas e o nível d'água apresenta valores reduzidos. As análises pontuais realizadas mostraram que o caso mais desfavorável foi o do furo SP-03.

A análise referente ao tempo de trânsito associou os casos mais desfavoráveis de coeficiente permeabilidade e espessura da camada não saturada com a quantidade de efluente proveniente dos corpos. O resultado foi bastante satisfatório, configurando cerca de 2.851,85 dias (= 7 anos e 10 meses) de trânsito. Esse tempo apresenta-se suficiente para a atuação das bactérias sobre o necro-chorume, garantindo o não comprometimento das águas subterrâneas.

Acredita-se, ainda, devido ao fato dos furos das sondagens terem sido realizados em um período de transição entre o chuvoso e o seco, que o nível do lençol freático não vai apresentar significativa elevação em sua cota. Apresentando-se, ainda, sobre a influência da estação chuvosa.

8 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Fossas Sépticas e Disposição Final de Efluentes*. S.I., 1982. (NB-41).
- CAPUTO, H. P. *Mecânica dos Solos*. S.I.: Livros Técnicos e Científicos, 1980. V.1
- CARVALHO, J. B. Q. *Fundamentos da Mecânica dos Solos*. S.I.: Gráfica Marconi, 1997.
- CHAPELLE, F. H. *Ground Water Microbiology and Geochemistry*. S.I.: John Wiley & Sons Inc., s.d.
- CHIOSSI, N. J. *Águas Subterrâneas: Geologia Aplicada a Engenharia* São Paulo: Grêmio Politécnico, s. d.
- FETTER, C. W. *Contaminant Hydrogeology*. New York: Prentice Hall, s.d.
- GARCEZ, L. N. *Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária*. S.I.: Edgard Blücher, 1981.
- GEA: Relatório Interno 01/98. Departamento de Engenharia Civil UNAMA. *Investigações Geotécnicas para Elaboração de Projeto Ambiental de um Cemitério Horizontal na Região do Tapanã*. S.N.T.
- LEME, F. P. *Engenharia do Saneamento Ambiental*. S.I.: Livros Técnicos e Científicos, 1982.
- RAND, M. C.; GREENBERG, A. E.; TARAS, M. J. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. S.I.: American Public Health Association, 1976.