Encontro Internacional

GEOGRAFIA: Tradições e Perspectivas

Homenagem ao Centenário de Nascimento de

1 a 5 de Dezembro de 2008

Universidade de São Paulo

Departamento de Geografia - FFLCH

A IMPORTÂNCIA DOS SOLOS TROPICAIS NOS PROCESSOS TRANSFORMATIVOS DESTRUTIVOS NOS CEMITÉRIOS.

Yadyr Augusto Figueiredo Filho[1], Alberto Pacheco[2] e Sidneide Manfredini[3]
(1) Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-000, Brasil. (yadyr.filho@usp.br)
(2) Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-080, Brasil.(apacheco@usp.br)
(3) Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-000, Brasil. (sidmanfredini@usp.br)

1- Resumo

O que se espera que aconteça com um corpo sepultado em um cemitério é que *a putrefação,* um dos fenômenos transformativos destrutivos, ocorra completamente e em tempo adequado.

A putrefação é o processo de decomposição da matéria orgânica por bactérias e pela fauna macroscópica, que acaba por devolvê-la à condição de matéria inorgânica. Não é um processo resultante do evento morte, apenas. É necessária a participação ativa de bactérias cujas enzimas, em condições favoráveis, produzem a desintegração do material orgânico.

Independente da situação de implantação e operação dos cemitérios verifica-se que os solos poderão acelerar ou retardar os processos transformativos destrutivos, de acordo com sua composição, estrutura, profundidade e gênese.

Cabe dizer que os solos não vulneráveis são importantes impeditivos à contaminação do aqüífero, mas, quando vulneráveis são veículos de contaminação e de risco à saúde pública.

Alguns estudos indicam a relevância dos solos como armazenadores de contaminantes derivados de caixões e outros objetos presentes nos cemitérios, como metais pesados, elementos altamente tóxicos e até mesmo elementos radioativos.

A partir do estudo das características dos solos tropicais brasileiros e dos fatores condicionantes dos processos transformativos destrutivos, foram estabelecidos os parâmetros impeditivos ou retardadores dos mesmos, que interferem nas características biológicas, químicas ou mecânicas adequadas para a ocorrência dos processos.

Também foram estabelecidas as principais conseqüências da implantação de cemitérios em solos que apresentem aqueles parâmetros.

Com base nesses parâmetros foi elaborada a “Tabela de Restrições Pedológicas” à implantação de cemitérios, onde foram relacionados os diversos tipos de solos (de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Embrapa, 1999) e as características que os tornam modificadores dos processos transformativos destrutivos. A tabela relaciona solos, tipos de restrição, conseqüências e classifica as restrições de acordo com o seu grau de restrição: altamente restritivo, de restrição média ou de baixa restrição.

Os solos que apresentam alto grau de restrição não devem ser utilizados para implantação de cemitérios. Já os solos que apresentam grau médio ou baixo podem ser utilizados a partir do momento que se consiga “corrigir” ou “eliminar” a restrição ou restrições existentes.

De maneira geral, a tabela fornece orientação importante na escolha do local para implantação dos cemitérios, para uma possível avaliação preliminar do risco de impacto ou para justificar uma avaliação confirmatória de Área Suspeita de Contaminação.

2- Abstract

What is expected to happen with a body buried in a cemetery that is the putrefaction, one of processed destructive phenomena, occurring in a timely and completely appropriate.

The putrefaction is the process of decomposition of organic matter by bacteria and the macroscopic fauna, which ultimately return it to the condition of inorganic matter. It is not an event resulting from death, only. It requires the active participation of bacteria whose enzymes in favorable conditions, produce the disintegration of organic material.

Regardless of the deployment and operation of cemeteries it appears that the soils could accelerate or delay the destructive processed, according to its composition, structure, depth and genesis.

It said that the soils not vulnerable are important to contamination hindering the aquifer. When vulnerable are vehicles to contamination and risk to public health.

Some studies indicate the importance of land as storage of contaminants from coffins and other objects in cemeteries, such as heavy metals, elements highly toxic and even radioactive elements. From the study of the characteristics of tropical soils

conditioning factors Brazilians and the destructive processes processed, the parameters were established retardants or impede them, characteristics that interfere in biological, chemical or mechanical appropriate for the occurrence of cases. Also established were the main consequences of deploying land in cemeteries to submit those parameters. Based on these parameters was drawn up the "Table of restrictions soil" to the deployment of cemeteries, which were related to the various types of soils (according to the Brazilian System of Classification of Lands - Embrapa, 1999) and the characteristics that make them of modifiers processed destructive processes. The table lists soil, types of restrictions, consequences and classifies the restrictions according to their degree of restriction: highly restrictive, restriction of average or low-restriction.

The soils that have high degree of restraint should not be used for deployment of cemeteries. But the soils that have medium or low degree can be used from the time that it can "fix" or "eliminate" the existing restriction or restrictions. Overall, the table provides important guidance in choosing the location for deployment of cemeteries, for a possible preliminary assessment of the risk of impact or to justify an assessment of confirmatory Area Suspected contamination.

3- Introdução

Segundo Pacheco (1986), o processo de putrefação é composto por duas fases principais: a gasosa e a coliquativa. Na primeira fase, que dura de 1 a 4 semanas, os gases internos, responsáveis pelo arrebentamento do cadáver emanam para a atmosfera e o necrochorume se infiltra no solo (cerca de 7 a 8 litros). Na segunda fase, que leva cerca de 2 a 8 anos, tem lugar a dissolução pútrida

Silva et alli. (2006), ressalta que *"tanto o necrochorume quanto os microorganismos provenientes da decomposição podem contaminar o solo, a água subterrânea e, conseqüentemente, o lençol freático e toda a população que vier a consumir esta água. Os microorganismos podem se propagar num raio superior a 400 metros além cemitério e são responsáveis por doenças de veiculação hídrica. Em geral, estas doenças causam fortes distúrbios gastrintestinais, tais como vômitos, cólicas e diarréias. No Brasil, as principais doenças de veiculação hídrica são a hepatite, a leptospirose, a febre tifóide e o cólera, podendo ainda ocorrer a contaminação da poliomielite. Normalmente o transporte do necrochorume e patógenos é acelerado com as águas das chuvas."*

O necrochorume ao se infiltrar no solo, carrega consigo vírus e patógenos variados dos quais o cadáver, em vida, era portador, bem como substâncias químicas a até radioativas residuais dos tratamentos a que foi submetido. Carrega também, substâncias tóxicas oriundas das vestes, objetos e urna funerária, como metais pesado, resinas sintéticas e etc.

A disposição de cadáveres diretamente no solo acarreta, portanto, consideráveis riscos ambientais e à saúde publica. No Brasil, somente em 2003, através da Resolução CONAMA 335, foram definidas normas técnicas para o sepultamento, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais. Mesmo assim os cemitérios públicos que haviam sido implantados anteriormente a edição desta Resolução não foram ainda submetidos a uma adequação a estas normas.

A Resolução do CONAMA, além disto, não trata da disposição de carcaças de animais, que continuam se dando aleatoriamente, em quintais, terrenos baldios, aterros sanitários, ou nos raros cemitérios específicos, implantados em locais inadequados sem qualquer critério técnico que contingencie a contaminação

Dentre as normas técnicas definidas pelo CONAMA, nenhuma referencia é feita sobre a avaliação das características do solo, que podem afetar o processo de putrefação dos cadáveres, a propagação de patógenos ou dispersão dos poluentes, dela decorrentes

São raros os trabalhos que abordam a importância dos solos na decomposição dos corpos sepultados em cemitérios.

De acordo com sua constituição, estrutura e profundidade, os solos poderão acelerar ou retardar os processos transformativos e destrutivos envolvidos na decomposição dos cadáveres, em função das condições ambientais (umidade, temperatura e aeração) propostas por estas características

Alguns solos, em função da morfologia apresentada, podem se constituir em importante impeditivo à contaminação dos aqüíferos, outros podem facilitar a percolação dos líquidos provenientes da decomposição dos corpos sepultados.

MELLO (MELLO et al, 2008) verificaram que o processo de esterilização em autoclave de amostras de latossolo, não foi capaz de eliminar as formas esporuladas de microorganismos ali presentes. Segundo as autoras, a estrutura microagregada, característica dos latossolos, pode ter concorrido para proteger estas formas resistentes.

SPONBERG e BECKS (2000) indicam a relevância dos solos também, como armazenadores de contaminantes derivados de caixões e outros objetos como metais pesados, elementos altamente tóxicos e até mesmo elementos radioativos.

Procurou-se, no presente trabalho, correlacionar as características morfológicas das unidades de solos mais representativas nas regiões tropicais, com a eficácia dos processos transformativos destrutivos por elas condicionados.

4- Procedimentos e Critérios adotados

4.1- Fatores condicionantes dos processos transformativos destrutivos.

Os processos destrutivos resumem-se, de forma geral, à decomposição dos corpos (em suas diversas etapas) causada por organismos decompositores (bactérias e fungos) e pelo intemperismo químico.

Sendo assim, foram estabelecidos como principais fatores condicionantes, aqueles que estabelecem condições adequadas para a existência e proliferação dos microorganismos.

Ambientes muito quentes e áridos ou desérticos, muito frios, muito úmidos ou alagados, são reconhecidos como ambientes retardadores ou impeditivos dos processos destrutivos podendo gerar a conservação dos corpos, como a mumificação natural e a saponificação, respectivamente.

Do mesmo modo, solos com pH muito alterado (muito ácidos ou excessivamente básicos), solos que receberam grande carga química (como agrotóxicos, corretivos ou adubação, natural ou química), solos laterizados, solos erosináveis, influenciarão de maneira diferente tanto os processos destrutivos como a longevidade do local dos sepultamentos. De forma geral, os solos tornam-se mais importantes à medida em que as condições de sepultamento são inadequadas e os fatores geológicos e hidrogeológicos não são considerados, colocando a condição pedológica como fator principal tanto para a diminuição dos impactos ambientais, que certamente poderão ocorrer, como para o condicionamento adequado para a ocorrência dos processos destrutivos.

Para que se possa estabelecer corretamente os tipos de solos mais adequados para a instalação dos cemitérios ou da ocorrência otimizada dos processos destrutivos, estabelecer-se-á, a priori, as condições que podem afetar a efetivação dos processos transformativos destrutivos, levando-se em consideração que a maioria dos processos de sepultamento se dá diretamente no solo:

a) Quanto mais próximo da superfície mais rápida se dará a decomposição dos corpos, pois permite uma maior atividade microbiana aeróbia participante do processo. Solos com boa permeabilidade permitem o melhor fluxo de fluídos e, conseqüentemente, uma melhor ambientação para microorganismos aeróbios.

b) Sepultamentos por entumulação retardam os processos destrutivos, mas, quando feitos, devem prever ventilação para a saída dos gases fúnebres. Aqui, torna-se importante a característica do solo no que diz respeito ao condicionamento da depuração dos gases que emanarão do corpo em decomposição.

c) A falta de umidade, típica de regiões quentes e áridas, gera a mumificação dos corpos (figura 1) e o excesso e/ou a submersão dos corpos leva ao processo de saponificação (figura 2). A questão climática associada à capacidade de retenção de água e calor pelo solo fará do mesmo um importante fator de influência nos processos transformativos destrutivos.

d) Corpos sepultados em manto de alteração de rochas calcáreas, podem estar sujeitos a uma fossilização incipiente, devido a troca de sódio e potássio por cálcio (histometabase).

Figura 1: corpo mumificado. Fonte: WWW.lfg.com.br/materia/DELEGADOSP_TANATOLOGIA_FORENSE_QUESTOES.ppt

Figura 2: corpo saponificado. Fonte: WWW.lfg.com.br/materia/DELEGADOSP_TANATOLOGIA_FORENSE_QUESTOES.ppt

4.2- Tipos de solo e restrições para instalação de cemitérios: parâmetros para avaliação

De modo geral, o conhecimento do tipo de solo possibilita um prognóstico da natureza e intensidade dos processos transformativos destrutivos que ele condicionará.

Geralmente, porosidade e permeabilidade, composição mineralógica e propriedades mecânicas são os fatores que devem ser conhecidos. No que diz respeito à porosidade e permeabilidade, mais importante e abrangente é o conhecimento da capacidade do solo de armazenamento de água. Para isso, uma avaliação mais precisa e acertada deverá levar em consideração alguns outros parâmetros, sendo um dos mais importantes a “Capacidade de Campo”.

Capacidade de campo pode ser definido como o teor de umidade retido pelo solo quando, depois de ter cessado o movimento gravitacional, o movimento da água capilar decresce substancialmente (COSTA apud VEIHMEYER E HENDRICKSON). A principal aplicabilidade do conceito se dá em “solos sensivelmente uniformes e sem horizonte ou camadas impermeáveis” (COSTA, 2004).

Outro dado importante que deverá ser conhecido é o teor de água no solo, na forma do grau de saturação (S) e/ou pelo déficit de saturação (DS), expresso por:

$S = [100*(Z_1 : Z_2)]$ %

$DS = [100 (Z_2 - Z_1) : Z_2]$ % = (100 - S) %

Onde Z_1 é o volume ocupado pela fase líquida e Z_2 é o volume total de porosidade.

A capacidade de campo em solos arenosos pode ser inferior a 5%, enquanto que nos solos argilosos pode estar acima de 40% e atingir valores mais altos em solos orgânicos. Relacionando-se a capacidade de campo com os variados tipos de solos poder-se-á estabelecer uma tabela geral onde o grau de utilização de um determinado tipo de solo para a instalação de cemitérios se faz claro.

Dessa forma, a partir do estudo das características dos solos tropicais brasileiros e dos fatores condicionantes dos processos transformativos destrutivos, foram estabelecidos os parâmetros impeditivos ou retardadores dos mesmos, que interferem nas condições biológicas, químicas ou mecânicas adequadas para a ocorrência dos processos:

a- Capacidade de campo;

b- Substituição catiônica;

c- Impermeabilidade;

d- Temperaturas extremas;

e- Dinâmica física e/ou composição;

f- Erosinabilidade;

g- Profundidade até o embasamento rochoso.

4.3- Principais conseqüências

A partir do contexto formado pelo sepultamento de um corpo em solo que apresente um dos determinados parâmetros impeditivos ou retardadores dos processos destrutivos, ter-se-á uma ou mais conseqüência que poderá afetar a efetivação do processo, a estrutura do local do sepultamento e, na maioria dos casos, impactos ambientais e à saúde pública.

Assim, foram estabelecidas quais serão as principais conseqüências da implantação de cemitérios em solos que apresentem os parâmetros impeditivos ou retardadores relacionados anteriormente:

1- Mumificação;
2- Saponificação;
3- Fossilização incipiente;
4- Retardamento excessivo do processo transformativo destrutivo;
5- Impedimento da depuração dos gases fúnebres;
6- Impedimento ao sepultamento no solo ou ao aprofundamento da cova;
7- Alto risco de impacto no aqüífero;
8- Risco de ocorrência de subsidência.

4.4- Tabela de Restrições Pedológicas

Com base nesses parâmetros elaborou-se a “Tabela de Restrições Pedológicas” (Tabela 1) à implantação de cemitérios, onde se relaciona os diversos tipos de solos (de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Embrapa, 2006) e as características que os tornam modificadores dos processos transformativos destruidores. A tabela relaciona solos, tipos de restrição, conseqüências e classifica as restrições em graus que vão do altamente restritivo, de restrição média ou de baixa restrição.

Os solos que apresentam grau alto de restrição, preferencialmente, não devem ser utilizados para implantação de cemitérios. Já os solos que apresentam grau médio ou baixo podem ser utilizados a partir do momento que se consiga “corrigir” ou “retirar” a restrição existente.

Como exemplo, pode-se citar o fato de implantação de cemitérios em solos sódicos ou salinos, que, dependendo da concentração desses elementos no solo, podem não interferir significativamente nos processos transformativos destrutivos, ou o caso dos LATOSSOLOS de textura franco-arenosa que dependerá da verificação da profundidade do aqüífero e da permeabilidade do solo.

Tabela 1- TABELA DE RESTRIÇÕES PEDOLÓGICAS																		
Tipo de solo	grau de restrição			tipo de restrição							consequência							
	baixo	médio	alto	a	b	c	d	e	f	g	1	2	3	4	5	6	7	8
ARGISSOLOS						2												
ARGISSOLOS espessarênicos																		
CAMBISSOLOS (3)																		
CAMBISSOLOS (4)																		
CAMBISSOLOS (5)																		
CHERNOSSOLOS (6)																		
CHERNOSSOLOS (5)																		
GLEISSOLOS (3)																		
GLEISSOLOS (4)																		
GLEISSOLOS (6)																		
LATOSSOLOS AMARELOS Coesos																		
LATOSSOLOS (7)																		
LUVISSOLOS (4)																		
LUVISSOLOS (5)																		
LUVISSOLOS (6)																		
NEOSSOLOS																		
NITOSSOLOS (húmicos)																		
NITOSSOLOS (5)																		
ORGANOSSOLOS						2												
PLANOSSOLOS (6)																		
PLANOSSOLOS (8)																		
PLINTOSSOLOS						2												
VERTISSOLOS																		

(1) em relação à base geológica (ex: rocha fissuradas)
(2) em relação à depuração de gases
(3) em planícies aluviais ou muito próximos da zona saturada
(4) sódicos e salinos
(5) líticos e lépticos
(6) Carbonáticos vérticos e outros com com elevados teores de cálcio
(7) de textura franco-arenosa
(8) NÁTRICOS vérticos

a capacidade de campo
b substituição catiônica
c impermeabilidade (1) (2)
d temperaturas extremas
e dinâmica física e/ou composição
f erosinabilidade
g profundidade até o embasamento rochoso

1 Mumificação
2 saponificação
3 fossilização incipiente
4 retardamento excessivo do processo
5 impedimento da depuração de gases fúnebres
6 impedimento ao sepultamento no solo
7 alto risco de impacto no aquífero
8 risco de subsidência

De maneira geral, a tabela fornece orientação importante na escolha do local para implantação dos cemitérios, para uma possível avaliação preliminar do risco de impacto ou para justificar uma avaliação confirmatória de Área Suspeita de Contaminação.

7- Bibliografia

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para assuntos jurídicos da Casa Civil: LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981 — **POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/

BRASIL, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA. Disponível em : http://www.ambiente.sp.gov.br

COSTA, J.V. Botelho da. **Caracterização e Constituição do Solo**. Lisboa; Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

MELLO, G.S.L MORITA, D.M., MANFREDINI, S., **Avaliação da Aplicabilidade da Norma Brasileira NBR 14283/94 para a Determinação da Biodegradação de Compostos Orgânicos em Solos Tropicais.** XXXI Congresso Interamericano AIDIS, Santiago-Chile, 2008. Disponível em CD room.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba; FEALQ,2005.

PACHECO, Alberto, **Cemitério e Meio Ambiente**. Tema de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 2000.

PACHECO, Alberto, **Análise das características técnicas e da legislação para uso e proteção das águas subterrâneas em meio urbano (município de São Paulo)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 1984.

PACHECO, A. **Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento**. Revista do Sistema de Planejamento e da Administração Metropolitana. São Paulo, p.25-37. 1986.

SILVA, V.T.da, CRISPIM, J.Q., GOSH, P., KUERTEN, S.,MORAES, A.C.da S., OLIVEIRA, M.A., SOUZA, I.A.,ROCHA, J.A.. **Um olhar sobre as necrópoles e seus impactos ambientais**. III Encontro da ANPPAS. Brasilia-DF, 2006.

SPONGBERG, Alison L. e BECKS, Paul M.. **Inorganic Soil Contamination From Cemetery Leachate**. In Water, Air and Soil Pollution 117: 313-327, 2000. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.