



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CAROLINA DIAS CARDOZO

AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DAS TERRAS PARA NECRÓPOLES

Prof. Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CAROLINA DIAS CARDOZO

AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DAS TERRAS PARA NECRÓPOLES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. MARCOS GERVASIO PEREIRA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2018

AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DAS TERRAS PARA NECRÓPOLES

ANA CAROLINA DIAS CARDOZO

Monografia aprovada em ___ de _____ de 2018.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira – UFRRJ
Orientador

Dr. Erich Guimarães Nenartavis – Secretaria de Conservação e Meio Ambiente do Município
do Rio de Janeiro
Membro

Prof. Dr. Helena Saraiva Koenow Pinheiro – UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço as boas energias do universo, que me fizeram chegar até o presente momento;

A presente instituição que me proporcionou amplo aprendizado em distintos aspectos;

Ao meu orientador, Marcos Gervásio, por me acolher nessa longa jornada final, proporcionando conhecimentos diversos;

Aos professores, que foram fundamentais para o meu crescimento, em especial Ricardo Valcarcel com seu entusiasmo, me ensinando a ser “boa de briga”, tendo argumentos e sendo impecável com as palavras, e ao professor Marco Monte, pelo autoconhecimento e confiança adquirida;

Aos mestres e também amigos Helena Pinheiro “Heleninha” e Pedro Armentano “Monodread” por todas ideias trocadas ao longo da graduação;

A SMAC do Município do Rio de Janeiro, em especial ao ErichNenartavis pela amizade;

A minha família, que se fez unida e presente em diversos momentos, servindo de base para minha caminhada;

A nave mãe e bolha ruralina, em especial ao Complexo F2 - 101, 102 e 109 e todas as moradoras que compartilhei ao longo desses anos, constituindo família e me construindo como pessoa, principalmente a caverna, lugar de eterno repouso.

RESUMO

Tratando de um tema recente, a questão ambiental envolvendo o sepultamento dos corpos humanos vem sendo tema de pesquisas que buscam identificar o impacto ambiental causado pelos mesmos. Dessa forma o presente trabalho chama a atenção para a importância dos solos na prática de enterrar os corpos sem vida, utilizando uma proposta de características relevantes do solo para elaborar um sistema de avaliação da aptidão das terras para implantação de necrópoles, buscando reduzir o risco de contaminação das águas subterrâneas pelo necrochorume, produto este gerado pela decomposição dos corpos humanos. Os sistemas de avaliação da aptidão das terras pretendem definir a qualidade do solo para determinada finalidade, sendo de grande relevância para o planejamento de uso do solo. Os atributos ambientais tiveram como parâmetro a Resolução CONAMA Nº 335/2003 e seus posteriores acréscimos, tendo influência direta na preservação das águas subterrâneas, como também a completa decomposição do cadáver e a conservação do solo. Estes atributos foram agrupados de acordo com o tipo de restrição em três fatores relevantes: Profundidade Efetiva, Permeabilidade e Susceptibilidade a Erosão. Os fatores limitantes propostos, de acordo com a intensidade em que se expressam, caracterizam as classes de aptidão para a alocação de cemitérios, divididas em Boa, Restrita e Inapta, e as possíveis viabilidades de melhoramento em função da viabilidade e das restrições apresentadas pelas características do solo.

Palavras-chave: aptidão do solo, cemitério, contaminação.

ABSTRACT

In dealing with a recent theme, the environmental issue involving the burial of human bodies has been the subject of research that seeks to identify the environmental impact caused by them. Thus, the present study draws attention to the importance of soils in the practice of burying lifeless bodies, using a proposal of relevant soil characteristics to elaborate a system for evaluating the aptitude of the lands for the implantation of necropolis, in order to reduce the risk of contamination of the groundwater by necrochorume, a product that is generated by the decomposition of human bodies. Land suitability assessment systems aim to define soil quality for a specific purpose, and are of great relevance for land use planning. The environmental attributes had as a parameter the CONAMA Resolution No. 335/2003 and its subsequent additions, having a direct influence on the preservation of groundwater, as well as the complete decomposition of the corpse and the conservation of the soil. These attributes were grouped according to the type of restriction in three relevant factors: Effective Depth, Permeability and Erosion Susceptibility. The limiting factors proposed, according to their intensity, characterize the classes of aptitude for the allocation of cemeteries, divided into Good, Regular and Restricted, and the possible viability of improvement in function of the viability and the restrictions presented by the characteristics from soil.

Keywords:soil suitability, graveyard, contamination.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Sistemas de Avaliação da Aptidão das Terras	2
2.2. Legislação	4
2.2.1. Regularização ambiental dos cemitérios existentes	5
2.3. Necrópoles	6
2.3.1 Impactos ambientais pela decomposição dos corpos	11
2.3.2. Processos transformativos conservadores	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Sistema de Avaliação da Aptidão das Terras para Fins de Necrópoles	14
3.2. Atributos Relevantes do Solo para Alocação de Cemitérios	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Avaliação dos Parâmetros Propostos para Avaliação da Aptidão das Terras para Alocação de Necrópoles	19
4.2. Viabilidade de Melhoramento dos Fatores Limitantes	22
4.3. Classificação dos Grupos de Aptidão para Implantação de Necrópoles.....	22
4.4. Considerações da Proposta para Avaliação da Aptidão das Terras para Alocação de Necrópoles	23
5. CONCLUSÕES	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de profundidade dos solos.....	23
Tabela 2: Classes generalizadas de textura e possível aferição em campo.....	23
Tabela 3: Graus de limitação por suscetibilidade à erosão.....	27
Tabela 4: Quadro - guia proposto para avaliação da aptidão das terras para implantação de necrópoles com uso de covas sem estrutura tumular e com estrutura tumular.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Foto do megálito Stonehenge no Reino Unido.....	08
Figura 2: Foto pirâmides do Egito.....	09
Figura 3: Foto da catacumba em Roma.....	10
Figura 4: Esquema de cova sem estrutura tumular, "cova rasa".....	19
Figura 5: Esquema de cova com estrutura tumular de alvenaria, "carneiro".....	20

1. INTRODUÇÃO

Escrever sobre cemitério é algo que gera curiosidade e incômodo na sociedade ocidental atual. Devido a esse horror que temos pelo cadáver e pela decomposição do corpo humano tendemos a negligenciar o impacto ambiental que possa vir a interferir na saúde dos vivos e do meio ambiente. Dessa forma, a literatura sobre o assunto é escassa, sendo geralmente pautada na saúde pública.

O planejamento do uso do solo se faz necessário para a melhor alocação de determinado uso em determinado local, ainda mais se tratando de uma atividade de interesse público geradora de passivos ambientais, onde ao longo da história, sua má alocação nas cidades gerou óbitos.

Com objetivo de reduzir os possíveis impactos ambientais gerados pela inumação do corpo no solo, este trabalho tem como objetivo propor um sistema de avaliação da aptidão das terras para alocação de necrópoles, pautando atributos relevantes do solo, que devem ser avaliados em conjunto, visando a recomendação de áreas para implantação desse tipo de empreendimento, atuando em conjunto com o planejamento urbano de acordo com as circunstâncias locais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistemas de Avaliação da Aptidão das Terras

A interpretação de levantamento de solos é uma tarefa de mais alta relevância para utilização racional desse recurso natural, na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades. Assim, podem ser realizadas interpretações para atividades agrícolas, classificando-se as terras de acordo com sua aptidão para diversas culturas, sob diferentes condições de manejo e viabilidade de melhoramento, através de novas tecnologias e, também, para outros fins, tais como: geotécnica, engenharia sanitária, engenharia rodoviária e ferroviária, entre outros (RAMALHO FILHO E BEEK, 1995).

Algumas propriedades ou comportamentos dos solos podem ser inferidos das informações contidas nos levantamentos pedológicos, como a permeabilidade, a espessura até a rocha coerente, a consistência dos materiais encontrados, entre outros. Sendo informações importantes para inúmeros profissionais que necessitam de informações sobre o comportamento dos solos para os mais variados fins. Dessa forma, as informações contidas nos levantamentos de solos podem ser consideradas a primeira aproximação para a solução dos problemas relacionados ao uso da terra, tornando-se documentos importantes para tais profissionais, especialmente no planejamento inicial de cidades, ou em planos diretores, indicando locais mais apropriados para escavações, na seleção de áreas para estabelecimento de cinturão verde, cemitérios, aterros sanitários, entre outros, ou auxiliando na formulação de políticas de uso do solo (OLIVEIRA, 2005).

Nos trabalhos de interpretação de mapas pedológicos, os solos que apresentam comportamento semelhante para determinado fim são agrupados em um mesmo delineamento denominado de unidade de mapeamento, agrupamento técnico ou unidade de manejo (OLIVEIRA, 2005)

Neste contexto temos sistemas de avaliação da aptidão das terras para diferentes utilidades, desde alocação de aterro sanitário, áreas de recreação, bacias de decantação, indústria, utilização dos recursos naturais, entre outros. Onde de acordo com Oliveira (2005), todos estabelecem, em geral, graus de limitação para vários de seus atributos, permitindo assim, agrupar solos que apresentem qualidades e limitações semelhantes, diferenciando, dessa forma, desde os mais aptos (nenhuma limitação ou limitações ligeiras) até os inaptos (limitações severas), para determinado fim.

Devido a importância do setor agrícola no país, o método de interpretação de uso do solo mais difundido e utilizado tornou-se o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (S.A.A.A.T), elaborado por A. Ramalho Filho e K. J. Beek, onde sua terceira e última edição ocorreu no ano de 1995. Trata-se de um método apropriado para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões de terras, utilizando como base levantamentos sistemáticos, com suporte dos atributos das terras, como: solo, clima, vegetação, geomorfologia, relevo, além de buscar atender a uma relação custo e benefício favorável, considerando distintos níveis de intervenção para melhoramento.

São considerados três níveis de intensidade de manejo visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos, sendo eles:

- Nível A (Primitivo): baseado em práticas agrícolas de baixo nível tecnológico; praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras; mão-de-obra fundamentalmente braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

- Nível B (Pouco desenvolvido): Baseado em práticas agrícolas de médio nível tecnológico; modesta aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras; mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo; e

- Nível C (Desenvolvido): baseado em práticas agrícolas de alto nível tecnológico; aplicação intensiva de de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras; trabalho mecanizado nas diversas fases da operação agrícola.

Este sistema aborda diferentes alternativas de utilização, como:

- Grupo 1, 2 e 3: Lavouras;
- Grupo 4: Pastagem plantada;
- Grupo 5: Silvicultura e/ou pastagem natural; e
- Grupo 6: Preservação da flora e fauna (inaptas para uso agrícola).

Para atender às variações que se verificam dentro do grupo, adotou-se a categoria de subgrupo de aptidão agrícola. Onde o subgrupo representa a interação da classe com o nível de manejo, sendo descrito por uma legenda de identificação.

Por exemplo: 1 (a)bc, onde: o algarismo 1, indicativo do grupo, representa aptidão para lavouras; pertencendo a melhor classe de aptidão (boa) no nível de manejo C (desenvolvido); classe de aptidão regular no nível de manejo B (pouco desenvolvido); e classe de aptidão restrita no nível de manejo A (primitivo).

Os fatores de limitação, em número de cinco, agrupam as principais características do solo e paisagem limitantes a produção agrícola, são eles:

- Deficiência de fertilidade, representado pelo símbolo (f);
- Deficiência de água, representado pelo símbolo (h);
- Excesso de água ou deficiência de oxigênio, representado pelo símbolo (o);
- Impedimento à mecanização, representado pelo símbolo (m); e
- Suscetibilidade à erosão, representado pelo símbolo (e).

Para cada fator de limitante é considerado um grau de limitação que varia com à intensidade que se expressam, através de cinco níveis básicos com possibilidade de melhoramento dependente da condição de manejo coerente com o nível tecnológico considerado. São classificados como: nulo, ligeiro, moderado, forte, muito forte.

As classes de aptidão agrícola expressam a interação entre determinado grupo (utilização), com um nível de manejo definido (intensidade). Refletem o grau com que as exigências (limitação) afetam os diferentes tipos de utilização. Sendo as seguintes classes:

- Boa
- Regular
- Restrita
- Inapta

A possibilidade de melhoramento ou remoção de limitações do solo, com relação às condições naturais, é também levada em conta nesse conceito de classe, em função dos níveis de manejo considerados.

Com objetivo de proporcionar uma visualização rápida da distribuição espacial dos grupos, subgrupos e classes de aptidão, foi utilizado um sistema de representação cartográfica baseado na convenção de seis (6) cores e vinte e seis (26) tonalidades. Onde cada grupo corresponde a uma cor básica, sendo elas:

- Grupo 1: Cor verde;
- Grupo 2: Cor marrom;
- Grupo 3: Cor laranja;
- Grupo 4: Cor amarelo;
- Grupo 5: Cor rosa; e
- Grupo 6: Cor cinza.

Como produto final, um único mapa deve indicar o comportamento das terras diagnosticadas, em três níveis operacionais, para os diversos tipos de utilização indicados.

2.2. Legislação

No Brasil, a maioria dos cemitérios é muito antiga e, exatamente por isso, descompassados em termos de estudos técnicos e ambientais. Considerando essa situação, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou, em 3 de abril de 2003, a Resolução nº 335 estabelecendo que todos os cemitérios horizontais e verticais deverão ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental e fiscalização por parte do Órgão Governamental (KEMERICH et al. 2012). Dessa forma, foram estabelecidas normas técnicas para regulamentar a operação dos cemitérios existentes, como também para a implantação de novas necrópoles.

Silva e Malagutti (2010) afirmam que a partir desta Resolução CONAMA Nº335/2003 esses estabelecimentos passam a ser vistos como fontes de contaminação do ambiente, tornando necessário o processo de licenciamento ambiental, onde deve-se atender a critérios legais estabelecidos pela Resolução.

A presente Resolução CONAMA Nº 335/2003 define algumas diretrizes ambientais para a regularização ambiental de necrópoles existentes, como por exemplo, deixar a critério do órgão ambiental competente, a possibilidade das fases de licença Prévia e de Instalação serem obtidas conjuntamente.

Após a promulgação desta Resolução, a mesma foi reformulada pela primeira vez em 28 de março de 2006, com a Resolução CONAMA Nº 368, dando mais enfoque a questões do solo e das águas subterrâneas, estabelecendo:

“Art. 3º, Parágrafo 1º, Inciso “É proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos,

bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas”;

Art. 5º, Inciso I - o nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias;

Art 5º, Parágrafo 1º “Para os cemitérios horizontais, em áreas de manancial para abastecimento humano, devido às características especiais dessas áreas, deverão ser atendidas, além das exigências dos incisos de I a VI, os seguintes incisos:”

I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;

II - o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;

III - o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático”.

Posteriormente houve outra promulgação da Resolução CONAMA 335/2003, a Resolução CONAMA Nº 402 de 17 de novembro de 2008, dando ênfase ao prazo máximo de adequação dos cemitérios vigentes, a necessidade de legislação estadual e municipal, e a questão de encerramento das atividades cemiteriais, estabelecendo:

Art. 11º - “Os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente deverão estabelecer até dezembro de 2010 critérios para adequação dos cemitérios existentes em abril de 2003.”

Art. 12º - “O Plano de Encerramento das atividades deverá constar do processo de licenciamento ambiental, nele incluindo medidas de recuperação da área atingida e indenização de possíveis vítimas.”.

No que tange aos resíduos provenientes da prática cemiterial, foi promulgada a Resolução CONAMA Nº 358 de 29 de abril de 2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

Segundo Kemerichet al. (2012) “O processo de decomposição de corpos libera diversos metais que formam o organismo humano, sem falar nos diferentes utensílios que acompanham o corpo e o caixão em que ele é sepultado.

2.2.1. Regularização ambiental dos cemitérios existentes

Muitos cemitérios municipais brasileiros estão mal implantados e apresentam riscos evidentes e mesmo contaminações efetivas do aquífero freático. No que tange aos

sepultamentos por inumação no solo, a medida seria interditar as sepulturas (covas), substituí-las por túmulos vedados, ou fazer os sepultamentos em columbários estanques, nos quais os gases e o necrochorume seriam corretamente drenados. (PACHECO, 2000)

É evidente que a profundidade das covas está em função das condições geológicas. Por isso, quando do projeto de implantação de um cemitério, se torna necessário fazer sondagens mecânicas em diversos pontos da área. Esta prática é importante para a proteção do aquífero freático e para prevenir problemas sanitários. (PACHECO, 2000)

Em prol de evitar contaminações, o Município do Rio de Janeiro dispõe a Resolução SMAC Nº 569 de 2014, estabelecendo a instalação de pontos de sondagem para implantação de rede piezométrica para monitoramento do nível e qualidade do lençol freático no interior do cemitério, devendo ser realizadas análises e gerados relatórios com periodicidade exigida na licença.

O Estado de São Paulo se baseia na Norma Técnica L1.040 elaborada pela CETESB sobre a implantação de cemitérios, estabelecendo que onde estudos geológicos e hidrogeológicos mostrem a vulnerabilidade a contaminação do lençol freático, deve ser promovido um sistema de poços de monitoramento no entrono da área-objeto, localizados de forma estratégica a montante e a jusante da área de sepultamento, com relação ao sentido do escoamento freático. Fica constituído que as águas deveram ser analisadas em alguns parâmetros trimestralmente.

As legislações vigentes sobre o assunto estão, aos poucos, tornando-se conhecidas e sendo cumpridas pelos municípios. Nelas é possível visualizar os padrões referentes à instalação correta de sepulcrários. Cumpridas as normas estabelecidas, o nível de contaminação pode ser reduzido ou evitado, melhorando, assim, a qualidade de vida das pessoas, as condições do meio ambiente e a paisagem urbana, visto que, geralmente, os cemitérios estão instalados nas cidades. (KEMERICH P.D. et al., 2014)

2.3. Necrópoles

A palavra cemitério, originária do grego Koumeterian e do latim Coemeteriun, significa dormitório, lugar onde se dorme, recinto onde se enterram ou se guardam os mortos e tem como sinônimos as palavras necrópole, carneiro, sepulcrário, campo-santo, cidade dos pés juntos e a última moradia (AURÉLIO, 1999; PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007).

Figura 1: Foto do megálito Stonehenge no Reino Unido.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Stonehenge#/media/File:Stonehenge_back_wide.jpg Acesso em 20/11/2018.



As práticas funerárias foram se modificando ao longo do tempo, de acordo com crenças e circunstâncias sociais e econômicas dos povos. Há cerca de cinco mil anos a.C. na Europa, utilizavam-se como túmulos coletivos os megálitos, que eram arquiteturas monumentais, formadas por grandes blocos de pedra, destinada a sepultamentos sucessivos com grande variedade de práticas mortuárias como: inumação, incineração, mumificação e colocação de cadáveres comprimidos em potes, sendo Stonehenge (Figura 1) no Reino Unido o monumento mais conhecido. (CAMPOS, 2007).

No Egito, há cerca de três mil anos a.C., os mortos eram enterrados em simples covas abertas na terra, independentemente da classe social. Como as cheias do rio Nilo, nos terrenos baixos e alagadiços e os ventos nas vastas regiões arenosas, ocorria o desenterramento dos cadáveres, assim as sepulturas passaram a ser cobertas e protegidas com construções de tijolos, gesso e outros materiais. Com a evolução, surgiram as pirâmides (Figura 2), grandes construções imponentes, destinadas a sepulturas para a realeza, com túmulos individuais e para poucas pessoas. Para formar necrópoles, eram construídas tumbas mais modestas próximas às pirâmides. (DIAS, 1963 apud PACHECO, 2000)

Figura 2: Foto pirâmides do Egito.

Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Pir%C3%A2mides_eg%C3%ADpcias#/media/File:All_Gizah_Pyramids.jpg.

Acesso em 20/11/2018.



Em Roma, as práticas mais comuns de sepultamento eram o embalsamamento do corpo ou a incineração com o recolhimento das cinzas em urnas colocadas em sepulcros. A inumação só passou a ser praticada com a difusão do Cristianismo. Os cristãos passaram a sepultar os mortos em catacumbas (Figura 3), que eram grandes galerias subterrâneas ou grutas, onde se reuniam e escondiam os cristãos perseguidos ou que não podiam dedicar-se livremente à sua religião, constituídas de tumbas ou câmaras sepulcrais ao longo das paredes dessas galerias com capacidade para um, dois ou três corpos envolvidos em mantas. (CAMPOS, 2007)

Figura 2: Foto da catacumba em Roma.

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Catacumba_romana#/media/File:Catacombe.jpg. Acesso em 20/11/2018.



No fim do século I, surgiram os “cemitérios cristãos” e a Igreja estabeleceu como norma geral a prática da inumação no ano de 627. Por razões higiênicas, os mortos eram sepultados longe da cidade, pela lei das Doze Tábuas e do Código de Teodósio, nenhum morto seria inumado ou incinerado no interior da cidade, e os que já se encontravam ali dispostos seriam retirados e colocados fora da cidade. (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007)

Na Europa Ocidental, entre a Idade Média e o século XVIII, os mortos retornaram a ser sepultados em cemitérios nas cidades, vilas, imediações ou dentro das igrejas, mosteiros e conventos, dependendo da situação sócio-econômico-política do falecido. (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007)

Ainda na Europa Ocidental do século XVIII, surge a proibição dos sepultamentos em templos e a recuperação dos cemitérios campais, por questões higiênicas, fundamentada na “doutrina dos miasmas”. Os médicos acreditavam que a matéria orgânica em decomposição, especialmente a de humanos, sob influência da temperatura, umidade e ventos, gera vapores ou miasmas, infectando o ar e o tornando nocivo à saúde de quem o respira. (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007)

No Brasil, a prática de sepultamentos no interior das igrejas e no seu entorno foi trazida pelos portugueses. Devido a conscientização dos perigos de se sepultar cadáveres no

interior das igrejas e nos entornos delas, por parte dos médicos da época, em 1828 foi promulgada uma lei imperial que determinou, por questões de higiene, a construção de cemitérios campais longe das cidades, no entanto, essa lei só entrou em vigor em 1836, devido a uma resistência das organizações católicas, num movimento que ficou conhecido como a Cemiterada.

As necrópoles foram alocadas distantes das cidades, em terrenos de baixo valor imobiliário sem nenhum estudo técnico e ambiental da época, encontrando-se atualmente em condições inadequadas. Com o crescimento das cidades, os cemitérios retornaram para o interior das cidades, onde geralmente, são limítrofes a comunidades de renda menos favorecidas.

De acordo com a Resolução CONAMA número 335 de 03 de abril de 2003, cemitério é uma área destinada a sepultamentos, podendo ser horizontal (tradicional), parque ou jardim e vertical, e que sepultar ou inumar é o ato de colocar pessoa falecida, membros amputados e restos mortais em local adequado.

A prática de enterrar os mortos em necrópoles tradicionais é a mais utilizada, visto sua demanda socioeconômica e costumes religiosos, porém, é o principal contaminante dos solos em unidades cemiteriais. Uma das principais alternativas são os cemitérios verticais, em que é possível realizar o tratamento dos gases gerados da putrefação, evitando, assim, a contaminação atmosférica. (KEMERICH et al., 2014)

No Brasil, basicamente, existem dois tipos de sepultamentos - por inumação no solo e por tumulação. A inumação no solo é popularmente conhecida como cova rasa, onde não existe construção tumular abaixo e acima do nível do solo. De acordo com Pacheco (2000), tumulação são túmulos pré-fabricados de alvenaria ou concreto, enterrados e cobertos por placa de cimento, teoricamente bem seladas, de forma a impedir a emissão para o exterior dos gases provenientes da decomposição dos corpos.

Há também os cemitérios parques, que se caracterizam por zonas com belos gramados, muitas árvores, onde os sepultamentos são feitos por tumulação (subterrâneos) e referenciados por uma simples placa de bronze (PACHECO, 2000). A Resolução CONAMA 335/2003 define cemitério parque ou jardim como aquele predominantemente recoberto por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, e de pequenas dimensões.

Nos cemitérios clássicos ou tradicionais existem alamedas pavimentadas ao longo das quais são visíveis túmulos semi-enterrados, mausoléus, capelas, monumentos funerários, ocupando o melhor da superfície disponível e, de uma maneira geral, pouco verde. Como consequência, o ambiente é acinzentado afetando a estética urbana dos locais onde as necrópoles se localizam e gerando impactos psicológicos nas pessoas mais sensíveis a morte (PACHECO, 2000).

Sendo os cemitérios repositores de cadáveres, este tipo de empreendimento apresenta riscos de contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos pelo necrochorume e os gases originados da putrefação, se o meio de sepultamento ou a área não forem adequados para tal finalidade (KEMERICH et al., 2014). Exigindo então cuidados técnicos e científicos para sua implantação e operação.

2.3.1 Impactos ambientais pela decomposição dos corpos

O sepultamento de cadáveres gera fontes de poluição para o meio físico e, por isso, deve ser considerado como atividade causadora de impacto ambiental. (KEMERICH et al., 2014). Segundo Silva e Malagutti Filho (2008), os cemitérios nunca foram incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, apesar da existência de alguns relatos históricos em Berlim (Alemanha) e Paris (França) na década de 1970, constatando que a causa de epidemias de febre tifóide estava diretamente relacionada ao posicionamento dos cemitérios à jusante de fontes de água, como aquíferos freáticos e nascentes.

Segundo Pacheco (2000) e Campo (2007) o processo de putrefação do cadáver é composto pelas seguintes fases: coloração, gasosa, coliquativa e esqueletização, sendo as fases gasosa e coliquativa as principais fontes de impacto desse processo ao meio ambiente. De acordo com Kemerich (2012), na fase gasosa são produzidos gases internos, como o metano (CH_4), o que provoca o arrebentamento do corpo. Estes gases muitas vezes são lançados ao ar livre, provocando odores que, conforme a velocidade dos ventos abrange grandes regiões. Logo após o processo gasoso vem a fase coliquativa, que é a produção e liberação constante de um efluente líquido pelo cadáver em decomposição chamado de necrochorume.

O necrochorume é um líquido viscoso, de cor acinzentada a acastanhada, cheiro acre e fétido, polimerizável (tendência a endurecer), com nível de patogenicidade variável, rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, incluindo a putrescina e a cadaverina, duas aminas tóxicas, também conhecidas como alcalóides cadavéricos (PACHECO, 2000; CAMPOS, 2007; KEMERICH, 2012a). Silva (1998) apud Silva & Malagutti (2008) acrescenta que é um líquido viscoso mais denso que a água ($1,23 \text{ g/cm}^3$) com elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Kemerich (2012) e Silva (1998) apud Silva & Malagutti (2008) afirma que esse líquido é composto de aproximadamente 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas degradáveis. Com a decomposição das substâncias orgânicas presentes no necrochorume, são geradas diversas diaminas, as mais preponderantes são as mais tóxicas: a putrescina ($C_4H_{12}N_2$) e a cadaverina ($C_5H_{14}N_2$), que podem ser degradadas, gerando amônio (NH_4^+).

Com relação a quantidade de necrochorume gerada por um corpo de determinados quilos em certo período de tempo, não existe unanimidade entre os autores. Alcântara expõe valores na ordem de 7 a 12 litros, durante um período de 1 a 4 semanas, não especificando o peso do cadáver. O cadáver de um adulto pesando em média 70 quilos produz cerca de 30 litros de necrochorume em seu processo de decomposição. (ACKERMANN, 2001 apud ALCÂNTARA, 2010). Já Silva (1995) apud Silva & Malagutti (2008) afirma que a relação necrochorume/massa corpórea é da ordem de 0,6 L/kg.

No caso de pessoas que morreram com doenças infectos-contagiosas, podem estar presentes no necrochorume os microrganismos patogênicos responsáveis pela causa da óbito, sendo estas bactérias e vírus transmissores de doenças como febre tifoide e paratifoide, hepatite A, tétano e gangrena gasosa. No caso de corpos que, antes da morte, passaram por tratamento com emissão de radiação, podem estar contaminados, liberando a radioatividade para o solo.

A maioria dos organismos patogênicos não tolera a presença de oxigênio existente na região insaturada do solo. (SILVA et al., 2006 apud ALCÂNTARA, 2010) Entretanto,

em maiores profundidades, a exemplo nos aquíferos, a escassez de oxigênio permite abundante desenvolvimento de microrganismos. Em caso de a captação de água para consumo humano ou animal, feita a partir de poços com pequena profundidade, pessoas e animais que se servirem dela estão sob o risco de doenças devido a contaminação (KEMERICH et al., 2012a).

Nos sepultamentos por tumulação, segundo Silva (1998) apud Pacheco (2000), este líquido confinado nos jazigos seca naturalmente, ocorrendo a polimerização, com redução a pó. Para que isso ocorra, é necessário garantir a estanqueidade da estrutura tumular, de modo que o necrochorume não vaze para o solo e posteriormente para o lençol freático.

Ocorrendo um aporte do necrochorume solúvel em água no aquífero, dadas as relações de viscosidade e densidade, formam-se manchas contaminadoras migrantes - plumas de contaminação. Ainda não se conhece com detalhes a migração do necrochorume no meio físico. Não conhecemos literatura geológica e hidrogeológica que descreva o processo. Na zona não saturada do solo, a infiltração é feita pela ação da gravidade (PACHECO, 2000).

De acordo com Alcântara (2010) “a contaminação das águas subterrâneas pode ocorrer de duas formas: pela infiltração da chuva e águas superficiais no interior da sepultura, e pelo contato dos corpos com o aquífero subterrâneo.” Essa contaminação pode se dar tanto para inumação diretamente no solo, tanto para corpos alocados em estrutura tumular de concreto. Altos índices pluviométricos favorecem a percolação (transporte vertical do líquido pelo terreno) no necrochorume até o lençol freático mais próximo se tratando de covas rasas, e segundo Kemerich & Borba (2013) a infiltração das águas da chuva nos túmulos promove o transporte de muitos compostos químicos (orgânicos e inorgânicos) para o solo, que, dependendo das características geológicas do terreno, podem alcançar o aquífero, contaminando-o. A quantidade de chuva pode também elevar o nível das águas subterrâneas, fazendo com que alcancem altura suficiente para atingir o local dos corpos.

A contaminação das águas subterrâneas representa elevado risco do ponto de vista sanitário e higiênico devido as substâncias e microorganismos oriundos da decomposição dos cadáveres, sendo essas águas, de acordo com Kemerich et al (2014) um dos principais agentes proliferadores de doenças, pois pode atingir grandes áreas, dependendo da extensão do lençol freático e de sua profundidade, em que pessoas podem utilizar destas águas para consumo próprio através de poços, sem que tenha-se um prévio tratamento da qualidade da mesma.

2.3.2. Processos transformativos conservadores

Este tipo de fenômeno ocorre de acordo com as condições ambientais, caracterizando grande problema devido ao aumento da permanência do corpo semidecomposto no solo, mantendo o potencial de contaminação dos mesmos. Campos (2007) afirma que “constitui em problema para a prática de reuso de sepulturas, por ocasionarem a saturação dos espaços existentes nos cemitérios.” Segundo Pacheco (2000) os corpos são exumados ao fim de três anos, e caso os mesmos encontram-se conservados, devem ser inumados por mais dois anos até sua completa decomposição.

Os fenômenos destrutivos conservadores estão subdivididos em saponificação e mumificação.

a) Saponificação:

Em solos muito húmidos, ocorre um processo conhecido por saponificação, onde ocorre a quebra das gorduras corporais e a liberação de ácidos graxos. Essa reação libera um composto de elevada acidez, inibindo a ação de bactérias putrefativas, dificultando então a decomposição do cadáver e tornando o mecanismo de inumação tanto mais duradouro quanto mais contaminante.

Em geral, ocorre em cadáveres sepultados em solo pantanoso, nas áreas mais baixas dos cemitérios, onde o nível do lençol freático é mais aflorado. De acordo com Pacheco (2000), o solo argiloso, poroso e impermeável, quando saturado de água, facilita este fenômeno, que pode iniciar-se entre um e dois meses. Alcântara (2010) afirma que uma outra causa deste fenômeno nos cemitérios brasileiros é a invasão das sepulturas pelas águas superficiais.

Em estudo de caso realizado por Pacheco (2000) no cemitério Nova Necrópole Recanto do Silêncio, em Itapeverica da Serra, em 1992, cerca de 70% de corpos sepultados por tumulação (túmulos subterrâneos) estavam saponificados, dificultando o reuso dos túmulos. A causa do alto índice de saponificação estava nas águas residuais das chuvas, que se infiltravam pela laje de cobertura, acumulando-se nas gavetas superiores, impedindo o processo normal da decomposição de cadáveres. O problema foi resolvido corrigindo a drenagem natural e artificial, como forma de evitar a entrada de água nos túmulos.

b) Mumificação:

Já o fenômeno de mumificação natural é um processo que pode ocorrer espontaneamente, sobretudo quando se trata de cadáveres de indivíduos magros; ocorre em condições de clima quente, com temperaturas invariáveis (ALCÂNTARA, 2010). Em condições de clima seco e quente a atividade microbiana é impedida, ocorrendo a mumificação, relacionada à baixíssima “umidade relativa” que inibe a proliferação dos compostos putrefativos. Segundo Fávero (1980) apud Pacheco (2000), a mumificação está "relacionada a falta de umidade suficiente para permitir o desenvolvimento dos germes putrefativos. Ademais, ocorre, por vezes, o arejamento intensivo do local, onde o cadáver se acha, a elevação da temperatura e a facilidade que o terreno pode apresentar na absorção dos líquidos que do cadáver surgem."

Em relação aos sepultamentos por tumulação, é possível a ocorrência da mumificação nos túmulos acima do solo, expostos aos longos e quentes verões (PACHECO, 2000)

De acordo com Silva et al (2006) apud Alcântara (2010) “os solos que favorecem este processo são os arenosos das regiões desérticas e solos calcários, o que pode contribuir para uma fossilização incipiente, chamado de histometabase. Pacheco (2000) acrescenta que solos ricos em nitrato de potássio, também são propícios ao processo de mumificação, devido à ação antisséptica deste sal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Sistema de Avaliação da Aptidão das Terras para Fins de Necrópoles

A classificação da capacidade de utilização das terras através de sistemas de avaliação da aptidão considera tanto os fatores físicos, químicos e biológicos do solo como o tipo de uso pretendido, estabelecendo, em geral, graus de limitação para vários de seus atributos, permitindo, assim, agrupar em classes de aptidão das terras que apresentam qualidades e limitações que lhe conferem semelhantes condições de utilização.

O S.A.A.A.T. (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), por ser o método mais utilizado no Brasil para fins de avaliação da aptidão das terras, será usado como referência para estrutura da proposta deste trabalho.

No entanto o presente trabalho não prioriza a produção agrícola, tornando-se necessário avaliar critérios diferentes dos abordados no S.A.A.A.T..

3.2. Atributos Relevantes do Solo para Alocação de Cemitérios

Ao observar a forma de inumação dos cadáveres e a sua putrefação no solo, fica-se assombrado com as causas de poluição que podem ocasionar as necrópoles mal localizadas e do perigo que estas representam no ponto de vista dos viventes.

"O conhecimento dos solos é importante como forma de controlar o risco potencial que o cemitério representa e, conseqüentemente, prevenir contra a contaminação do aquífero freático. Há um conjunto de fatores que concorrem para acelerar ou retardar o processo putrefativo. Uns são intrínsecos do cadáver e outros extrínsecos, ligados ao meio ambiente. Em relação aos fatores ambientais, temperatura, umidade, ventilação e o solo são aqueles que mais influem no processo putrefativo" (PACHECO, 2000).

A decomposição dos corpos pode proporcionar impactos ambientais dependendo das características físicas do solo onde o cemitério foi ou será implantado. Além dessas características serem identificadas e mensuradas mais facilmente. A definição da área mais apta a implantação de necrópoles, implica na interpretação dos fatores ambientais restritivos e no nível em que se expressam em determinado local. A seguir são detalhados os parâmetros considerados para avaliação do solo e sua relação com a inumação de corpos na terra do coval.

a) Profundidade efetiva

Oliveira (2005) informa que a profundidade efetiva do solo diz respeito a todo conjunto de horizontes e camadas existentes acima do substrato rochoso coerente (*solum*).

De acordo com a Embrapa (2018) "as classes de profundidade são qualificadas pelos termos "raso", "pouco profundo", "profundo" e "muito profundo". Esses termos são empregados para designar condições de solos nas quais um contato lítico ou lítico fragmentário ocorra conforme limites especificados na Tabela 1.

Tabela 1: Classes de profundidade dos solos.

Classes	Profundidade (cm)
Raso	≤ 50
Pouco profundo	> 50 e ≤ 100
Profundo	> 100 e ≤ 200
Muito profundo	> 200

Os termos acima usados para qualificar as classes de profundidade dos solos são denominações aplicadas a descrições generalizadas de solos.

As informações de caráter pedológico mostram ser a camada superior (terra vegetal), onde se desenvolve a mais intensa atividade microbioquímica, aquela que tem a melhor capacidade de oxidação. Como consequência, ela seria a mais favorável para a destruição dos cadáveres. Entretanto, por várias razões, como a presença de animais escavadores, higiene pública e confinamento de produtos em decomposição se torna necessário enterrar os cadáveres a maiores profundidades. Dessa forma, cadáveres sepultados por inumação a profundidades inferiores a 1,55 metro, se decompõe mais rapidamente. A ação da fauna cadavérica é também maior.(PACHECO, 2000).

Os fatores contato lítico e a presença de lençol freático foram aqui considerados para delimitar a profundidade efetiva do solo, visto que a presença de rocha consolidada constitui impedimento físico e o lençol freático deve atender a seguinte exigência exposta em legislação nacional, onde, como já explanado anteriormente, de acordo com a Resolução CONAMA 368 de 2006, artigo 5º, inciso I: O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias.

A legislação vigente não especifica a profundidade mínima ou máxima para inumação de corpos no solo, sendo esta decisão de tendência religiosa de cada necrópole, sendo geralmente escavado entre 1,00 e 2,00 metros de profundidade no solo.

b) Permeabilidade

A permeabilidade é a capacidade que do solo de permitir a passagem de água por ele e está intimamente relacionada com a textura, proporção e distribuição dos poros do solo.

A textura do solo compreende a distribuição quantitativa das classes de tamanho das partículas que compõem o solo. As partículas de menores diâmetros são as mais relevantes, pois muitas propriedades físicas e químicas da porção mineral do solo dependem dessas partículas. Assim, usualmente, consideram-se três frações menores – areia, silte e argila – para caracterizar a textura. Sendo a textura uma propriedade permanente do solo que depende das

características do material originário e dos agentes naturais de formação do solo. (BERTONI & LOMBARDI NETO apud SILVA et al, 2003). As classes generalizadas de textura com estimativa das frações argila, com dica de aferição em campo estão detalhadas na Tabela 2 abaixo de acordo com Pinheiro (2008).

Tabela 2: Classes generalizadas de textura e possível aferição em campo.

Classe textural	Argila (%)	Sensação ao tato e consistência
Muito argilosa	> 60	Macio, muito plástico e muito pegajoso
Argilosa	35 à 60	Macio e ligeiramente áspero, plástico e pegajoso
Média	15 à 35	Moderadamente áspero, plástico e pegajoso*
Arenosa	> 15	Áspero, não plástico e não pegajoso

*A classe textural definida como siltosa (argila <35%, areia <15% e silte>50%), para fins práticos é considerada como de menor relevância no comportamento do solo quanto a retenção de água.

O solo é um corpo tridimensional que apresenta uma parte sólida (partículas minerais e orgânicas de diversos tamanhos) e espaços vazios (micro e macroporos). Os espaços porosos contêm água e ar (solução do solo), cujas proporções variam continuamente, dependendo das condições umedecimento/secagem do solo.

O volume de espaços vazios existentes entre as partículas individuais e agregados constitui a porosidade do solo, e esta determina a capacidade dele de armazenar e transmitir líquidos e gases (OLIVEIRA, 2005).

Dessa forma, a Embrapa (2018) relaciona esses fatores com a capacidade de drenagem, e organiza este último em classes. “As classes de drenagem referem-se à quantidade e rapidez com que a água recebida pelo solo infiltra e/ou escoar, afetando as condições hídricas do solo – duração de período em que permanece úmido, molhado ou encharcado. Sendo as classes de drenagem qualificadas em: excessivamente, fortemente, acentuadamente, bem, moderadamente, imperfeitamente, mal e muito mal drenado.” (EMBRAPA, 2018)

Como exposto anteriormente, de acordo com inciso acrescentado pela Resolução N° 368 de 2006 a Resolução CONAMA N° 335 de 2003: “O subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.”

A vigente legislação não especifica o método que deve ser utilizado para aferição do fator de permeabilidade, nem expõe a classe textural referente a esta permeabilidade desejada.

Assim sendo, foi utilizado como parâmetro o coeficiente de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s como o ideal.

Foi correlacionada permeabilidade a textura do solo, usando a classificação da Embrapa, disposta anteriormente na Tabela 2.

Há solos que dificultam a putrefação, como os argilosos, que são terrenos porosos e impermeáveis. Outros facilitam esse processo. (PACHECO, 2000)

c) Susceptibilidade a Erosão

Entende-se por erosão do solo a ação de fatores externos, como água e vento, que promovem a desagregação das partículas e o arraste das mesmas para outro local. Entende-se por erosão hídrica pluvial quando a infiltração é menor que o escoamento superficial, causando a remoção de partículas de menores diâmetros para áreas mais baixas da paisagem através de caminhos mais fáceis.

De acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), susceptibilidade a erosão diz respeito ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer, quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas. Está na dependência das condições climáticas (especialmente do regime pluviométrico), das condições do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compacta e pedregosidade), das condições do relevo (declividade, extensão da pendente e microrrelevo) e da cobertura vegetal.

A Resolução CONAMA N° 335/2003 e suas duas posteriores modificações, Resolução 368/2006 e Resolução 402/2008, não dizem nada referente a erosão dos solos dos cemitérios.

No entanto é visível a relevância dessa característica do solo, ainda mais se tratando de sepultamento diretamente no solo, onde este último é constantemente removido e recolocado, na maioria das vezes, sem nenhuma cobertura vegetal superior.

Outros aspectos são importantes no projeto de implantação de cemitérios e que devem ser levados em conta, como o relevo topográfico e a declividade. É comum no Brasil as necrópoles serem implantadas em áreas de declividade superior a 15%. Com consequência, ocorrem problemas de erosão pluvial e outros de caráter sanitário. (PACHECO, 2000)

Ramalho Filho e Beek (1995) relacionam o nível de declividade com o grau de limitação do solo, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Graus de limitação por susceptibilidade a erosão.

Nível de declividade	Grau de limitação
0 à 3%	Plano/praticamente plano
3 à 8%	Suave ondulado
8 à 13%	Moderadamente ondulado
13 à 20%	Ondulado
20 à 45%	Forte ondulado
45 à 100%	Montanhoso
Acima de 100%	Escarpado

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação dos Parâmetros Propostos para Avaliação da Aptidão das Terras para Alocação de Necrópoles

Foram consideradas duas formas de uso: inumação diretamente no solo, sem estrutura entre o cadáver e o solo, popularmente conhecida como “cova rasa” (Figura 4); e inumação em estrutura tumular, geralmente construída de alvenaria, geralmente denominada “sepultura” ou “carneiro”. Não foram consideradas inumação acima do nível do solo, excluindo assim as sepulturas em estruturas verticais, denominadas “gavetas”.

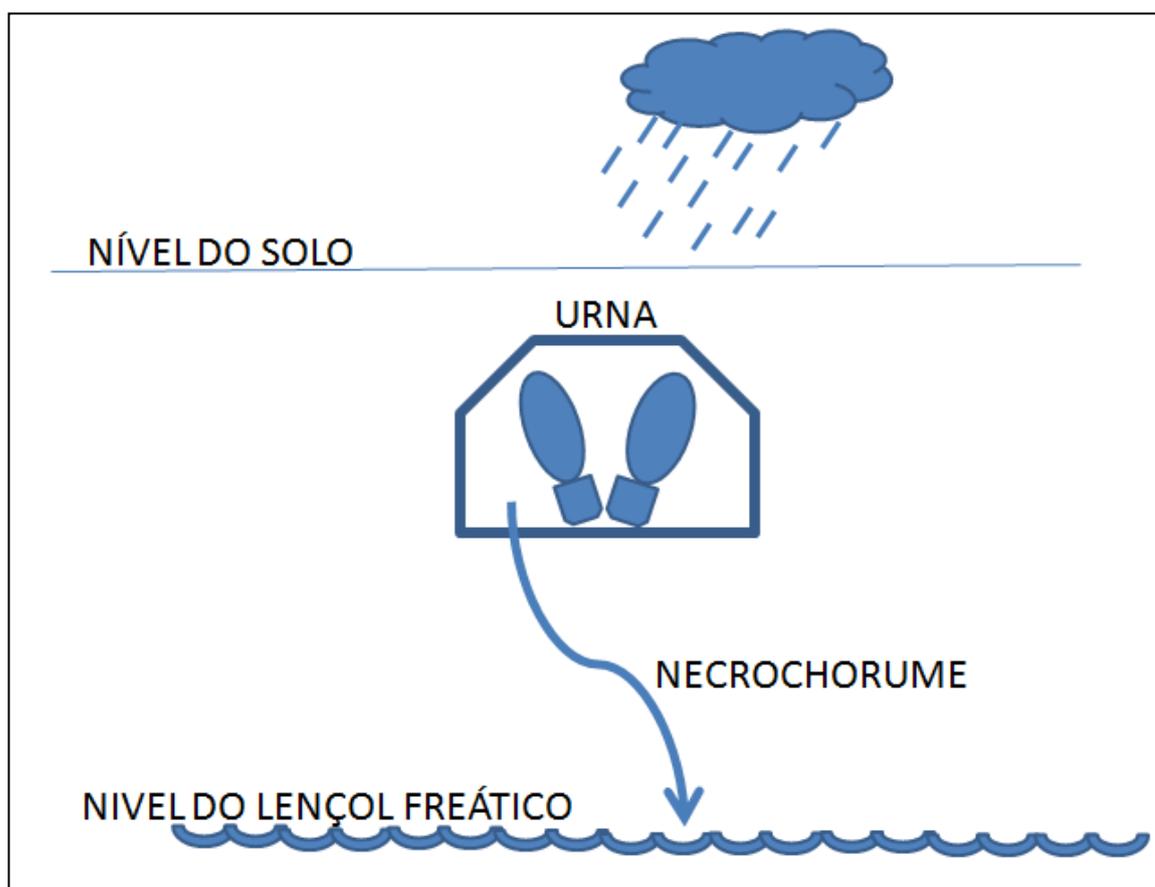


Figura 3: Esquema de cova sem estrutura tumular, "cova rasa".

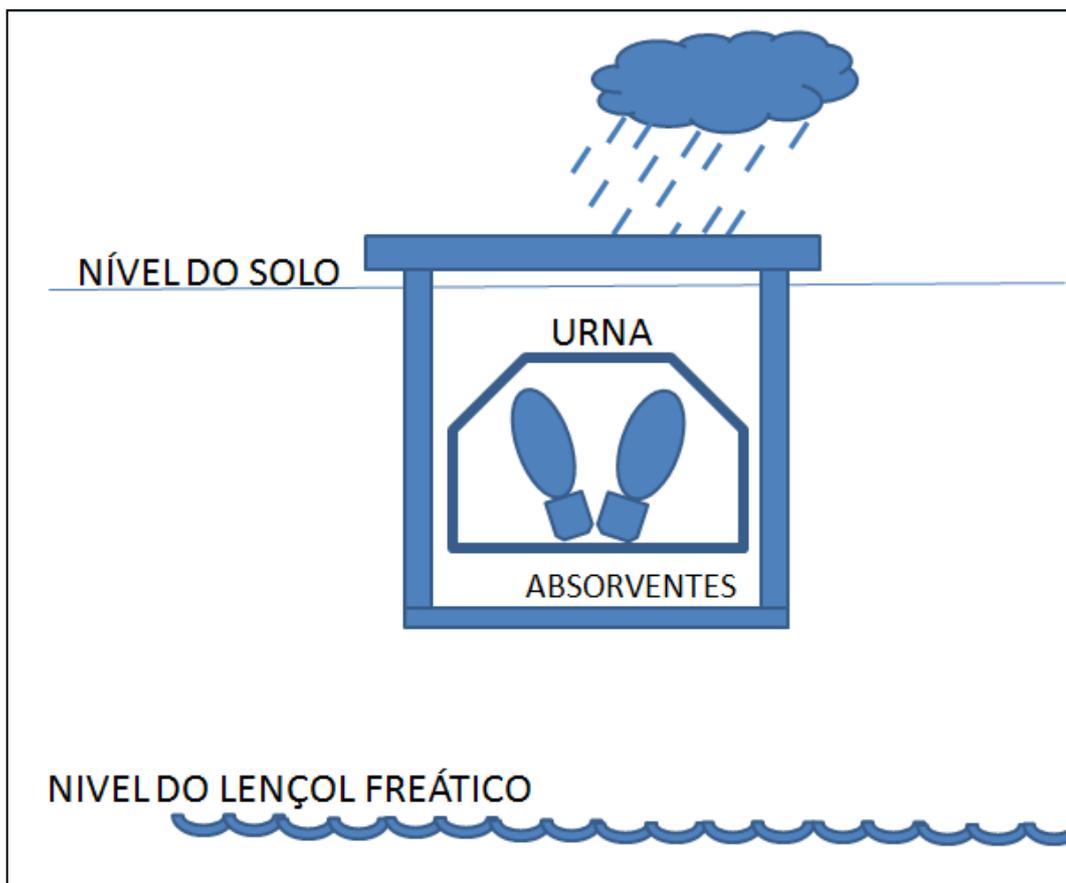


Figura 4: Esquema de cova com estrutura tumular de alvenaria, "carneiro".

A intensidade de uso está relacionada com a crença religiosa do cemitério, permitindo ou não exumação e reuso da cova. Pode-se considerar também a inumação em sepulturas de aluguel ou perpétua.

Os graus de limitação foram divididos em três: Nulo, Moderado e Forte.

Os parâmetros dos atributos do solo considerados no presente trabalho tem como base valores determinados na legislação vigente, como também problemáticas ambientais frequentes devido ao ato de revolver o solo.

a) **Profundidade Efetiva**

Nulo: Contato lítico após 2,5 m, e lençol freático abaixo de 4,0 metros de profundidade.

Moderado: Contato lítico maior ou igual a 2,0 m, e lençol freático maior ou igual a 3,0 m.

Forte: Contato lítico inferior a 1,0 m, e lençol freático menor ou igual a 3,0 m.

Considerando os graus de utilização acima, fica exposto que a classe Nulo tem propriedades para alocar sepultamentos tanto com estrutura tumular quanto diretamente no solo (cova rasa), podendo estar terem alta e baixa intensidade de uso.

A classe Moderado é passível de receber sepulturas de estrutura tumular no caso de proximidade com o lençol freático, não sendo recomendado a inumação direta no solo devido ao risco de contaminação das águas subterrâneas. Não demonstra ser problema ambos os tipos de uso (estrutura tumular e cova rasa) para contato lítico na profundidade determinada.

A classe Forte é considerada inapta para qualquer tipo de cemitério com inumação abaixo do nível do solo, visto que, no caso de contato lítico há pouca profundidade para alocar um corpo, podendo este estar disposto de forma muito superficial no solo, ocasionando maus odores e possíveis revolvimentos por parte de alguns animais, e no caso de proximidade com o lençol freático pode transformar inumação em imersão, contaminando as águas subterrâneas, sendo um risco para a saúde pública, sendo sugerida então estruturas verticais acima do solo para alocar os cadáveres.

b) Permeabilidade

Nulo: Coeficiente de permeabilidade entre 10^{-7} e 10^{-5} cm/s; solos de textura média.

Moderado: Coeficiente de permeabilidade superior a 10^{-4} cm/s; textura arenosa.

Forte: Coeficiente de permeabilidade menor que 10^{-8} cm/s; textura argilosa ou muito argilosa.

De acordo com as classes esplanadas acima, vale considerar que a classe Nulo é suscetível de receber sepulturas com estrutura tumular ou não. Assegurando as características das águas subterrâneas e a completa decomposição dos corpos sem vida.

A classe Moderado é passível de alocar sepulturas independentemente do tipo, visto que a legislação permite, sendo necessário que o nível inferior do jazigo esteja a dez metros acima do nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Devido ao solo ser mais permeável, o risco de contaminação do lençol freático é maior, devido ao necrochorumepercolar a maiores distâncias no solo

A classe Forte é inapta para qualquer tipo de inumação no solo, onde, se o valor estiver superior a 10^{-8} cm/s (pouco permeável) o tempo de decomposição do cadáver será maior, aumentando a permanência do mesmo no solo, como também a possibilidade de saponificação.

c) Susceptibilidade a Erosão

Nulo: De plano/praticamente plano a moderadamente ondulado.

Moderado: Ondulado.

Forte: Forte ondulado, montanhoso e escarpado.

Conforme as classes esplanadas acima, vale considerar que a classe Nulo é suscetível de receber sepulturas com estrutura tumular ou não, com variado grau de intensidade de uso.

A classe Moderado suporta covas com estrutura tumular.

A classe Forte é inapropriada para alocar qualquer tipo de sepultamento.

4.2. Viabilidade de Melhoramento dos Fatores Limitantes

A possibilidade de melhoramento dos fatores que representam limitações de uso se dá em função da intensidade da restrição e da natureza das práticas a serem adotadas sendo representada por índices (subscritos) 1 acompanhados do grau de limitação para cada fator.

A restrição quanto a profundidade efetiva pode ser resolvida com aterramento, dependendo do grau de limitação e do custo de retorno em vista deste investimento. Uma possível medida para solucionar a proximidade com o lençol freático seria drenar o mesmo, considerando a possibilidade de acordo com sua profundidade e ponto na paisagem.

Com relação a permeabilidade, está em função da textura, sendo característica intrínseca do solo, portanto, impossível de modificar.

Cabe ressaltar que para reduzir o problema da erosão em necrópoles com inumação diretamente no solo é recomendado o uso de cobertura vegetal nas sepulturas e entre as mesmas, reduzindo o impacto das gotas de chuvas no solo e conseqüentemente a erosão. Pode-se alocar as covas ao longo das curvas de nível, fazendo terraceamento com uso de canelatas para direcionar o escoamento superficial, reduzindo a declividade entre uma sepultura e outra, minimizando dessa forma a erosão e alagamentos pontuais.

4.3. Classificação dos Grupos de Aptidão para Implantação de Necrópoles

Com base nos graus dos fatores de limitação dos atributos do solo, foi feita a classificação das terras em classes qualitativas para alocação de cemitérios.

De acordo com as possibilidades de formas de uso, foi elaborado um quadro-guia, para alocação de necrópoles, considerando três atributos e dois tipos de uso: alocação de defunto em covas sem estrutura tumular (cova rasa), e inumação de cadáver em cova com estrutura tumular (sepultura).

Tabela 4: Quadro - guia proposto para avaliação da aptidão das terras para implantação de necrópoles com uso de covas sem estrutura tumular e com estrutura tumular.

Aptidão das Terras		Graus de Limitação		
Classes	Profundidade Efetiva	Permeabilidade	Susceptibilidade a Erosão	Tipo de Uso
Boa	N	N	N	Sem Estrutura Tumular
Restrita	M1	M	M1	
Inapta	F	F	F	
Boa	N/M	N	N/M	Com Estrutura Tumular
Restrita	M/M1	M	M	
Inapta	F	F	F	

Os graus de limitações devem ser avaliados de forma conjunta, considerando diferentes relevâncias para cada fator. Considera-se então que a profundidade efetiva tem peso um, a permeabilidade do solo possui peso dois, sendo mais tolerando na susceptibilidade a erosão, adquirindo a esta um peso de valor três.

4.4. Considerações da Proposta para Avaliação da Aptidão das Terras para Alocação de Necrópoles

A consideração dos atributos avaliados para a elaboração deste sistema considera os fatores limitantes para a atividade de alocar corpos sem vida no solo. Sendo assim, serão abordados, de forma geral, solos mais comuns na limitação mais restrita e na situação mais recomendada de acordo com os parâmetros propostos.

No atributo profundidade efetiva é desejável que o solo apresente maior que 2,5 metros, comumente observados na ordem dos Latossolos. Devem ser evitados solos rasos, como os Neossolos Litólicos, visto que estes não poderão acomodar corretamente os cadáveres, facilitando a exposição do mesmo a insetos e exalando maus odores.

A presença de lençol freático a pouca profundidade é mais comumente vista na classe dos Gleissolos, podendo ocorrer também em alguns Planossolos dependendo do ponto da paisagem onde esteja localizado.

A permeabilidade no nível inferior da cova é alta na classe dos Neossolos Quartzarênicos, facilitando o risco de contaminação do lençol freático. A baixa permeabilidade também é fator limitante, sendo encontrada com facilidade na classe dos solos Vertissolos e Chernossolos.

Com relação a susceptibilidade a erosão não é possível discorrer sobre classes de solo mais propícias a esse fato apenas pelo fator inclinação, pois se assumiria que determinadas classes de solos ocorrem apenas em pontos específicos da paisagem, o que não é verdadeiro, devendo então ser consideradas a textura e estrutura do solo.

5. CONCLUSÕES

A utilização de sistemas de avaliação da aptidão das terras deve ser utilizada como base para o planejamento da cidade, sendo uma ferramenta na elaboração de Planos Diretores dos municípios de acordo com as particularidades de cada local, permitindo a alocação de necrópoles onde o risco de impacto ambiental seja reduzido.

A utilização dos parâmetros relevantes para a alocação de cemitérios permite a melhor avaliação da aptidão das terras, devendo estas serem consideradas em conjunto, buscando sempre o menor grau de limitação para cada fator considerado.

Para a minimização dos riscos de contaminação, é indispensável o constante monitoramento das águas subterrâneas, tanto para verificar a oscilação do nível do lençol freático, quanto para verificar a qualidade da mesma. No entanto, a avaliação das características do solo deve ser o primeiro passo para a implantação de cemitérios, devendo ser levados em consideração outros fatores além dos já expostos na atual legislação, de forma a garantir o menor impacto ao ambiente e a saúde dos vivos, como a inclinação do terreno da necrópole.

No entanto, mesmo em um solo adequado, existe o risco de impacto ambiental, sendo necessário o constante monitoramento das águas subterrâneas. Dessa forma, pode-se considerar uma boa alternativa para a inumação de cadáveres no solo a cremação dos mesmos, prática está utilizada por séculos por diferentes povos passados. Sendo solução para a falta de espaço físico e impacto no solo, geração de resíduos e patogenicidade. O processo possui filtragem do ar liberado pela queima, reduzindo a contaminação da atmosfera.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, L. A.; SANTOS, S. A. dos; KEMERICH, P. D. da C.; SILVA, R. F. da; Contaminação de recursos naturais por necrópoles. **Revista Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**. Santa Maria Vol.11, p.17-28, 2010.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA**. Resolução n°. 335 de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília: CONAMA, 2003.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA**. Resolução n°. 358 de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2005.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA**. Resolução n°. 368 de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília: CONAMA, 2006.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA**. Resolução n°. 402 de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003. Brasília: CONAMA, 2008.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007, 141 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** 5ª edição. Brasília, DF, 2018. 590 p.

FERREIRA, A. B. H., **Dicionário Aurélio**. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira, 1999.

KEMERICH, P.D.C.; BIANCHINI, D. C.; FANK, J. C.; BORBA, W. F.; WEBER, D.P.; UCKER, F. E. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, Santa Maria - Revista Monografias Ambientais - REMOA e-ISSN 2236 1308 - V. 13, N. 5. Edição Especial LPMA/UFSM, p. 3777-3785, 2014.

KEMERICH, P.D.C.; BORBA, W. F. Cemitérios e os problemas ambientais: a dura realidade brasileira. **Revista Conselho em Revista - CREA RS**, Vol. 10, 2013, p. 36.

KEMERICH, P.D.C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios Como Fonte de Contaminação Ambiental. **Revista Scientific American Brasil**, Vol.1, p. 78-81, 2012. a.

O GLOBO. **Artigo: os 21 cemitérios do Rio de Janeiro e suas curiosidades**. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/rio/artigo-os-21-cemiterios-do-rio-de-janeiro-suas-curiosidades-14011826>> Acesso em 16 de setembro de 2018.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba - FEALQ, 2º edição, 574 P, 2005.

PACHECO, A. Cemitério e meio ambiente. **Tema de livre docência**. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2000, 105 p.

PACHECO, A. Os cemitérios e o ambiente. **Revista Conselho em Revista - CREA RS**. Vol. 24, 2006, p.30.

PINHEIRO, H. S. K. Adequação do sistema de avaliação da aptidão das terras para plantios de eucalipto. **Monografia**. Instituto de Florestas da UFRRJ, Seropédica, 2008, 67 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

RIO DE JANEIRO, **Secretaria Municipal de Meio Ambiente** – SMAC. Resolução nº 569 de 28 de agosto de 2014. Regulamenta o Decreto nº 39.094 de 12 de agosto de 2014 no que concerne aos procedimentos do Licenciamento Ambiental Municipal de cemitérios na Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

SÃO PAULO, **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo** – CETESB. Norma Técnica Nº L1. 040 de janeiro de 1999. Estabelece os requisitos e as condições técnicas para a implantação de cemitérios destinados ao sepultamento no subsolo, no que tange à proteção e à preservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas. São Paulo, 1999.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B.. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlo: RiMa, 2003, 140 p.

SILVA, R. W. da C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Cubatão. Nº 9 , p. 26-35, abril, 2008.