

MOBILIDADE DO NECROCHORUME NO CEMITÉRIO NOVO DE NANUQUE-MG E O RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

**GIOVANNI GUIMARÃES LANDA¹, RAYANE RUAS ROSA²,
VITOR PEREIRA MOTA³**

1Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA); Bacharel em Ciências Biológicas – Ecologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Coordenador e Professor do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Caratinga (UNEC) – Campus de Nanuque (MG).

2 Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário de Caratinga (UNEC) – Campus de Nanuque (MG)

3 Doutor em Geografia – Tratamento de Informações Espaciais pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas); Mestre em Agroecossistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Engenheiro Agrônomo pelo Centro Universitário Espírito-Santense (FAESA); Professor do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Caratinga (UNEC) – Campus de Nanuque (MG).

RESUMO

Os cemitérios estabelecem um ramo de atividade que coloca o ser humano sob o ponto de vista ambiental como qualquer outro material de descarte, constituído de resíduos sólidos e gerador de efluentes líquidos e gasosos. Considerando esse aspecto, as necrópoles podem ser fontes de poluição capazes de prejudicar: as águas superficiais, subterrâneas e o solo, por elementos orgânicos e inorgânicos e microrganismos patogênicos compostos do líquido da decomposição dos cadáveres, denominado necrochorume. A metodologia adotada foi a da pesquisa quantitativa baseado em estudos de campo e análises documentais. Por meio deste trabalho, foi encontrada velocidade de infiltração básica (VIB) inicial de 720 mm/min com a estabilização, obteve um valor fixo de 130 mm/min, classificada como muito alta, indiciando que as águas subterrâneas estão suportando alto risco de contaminação por líquidos percolados que penetram no solo, exercendo um fluxo ascendente na água subterrânea impugnada pela gravidade direcionada a um corpo hídrico que se encontra dentro da necrópole. Através da pesquisa efetuada pode-se concluir que se deve melhorar o monitoramento, fiscalização, licenciamento e a operação das necrópoles existentes, assim como aprimoramentos da legislação.

Palavras-chave: Solo; Velocidade de Infiltração Básica; Cemitérios

MOBILITY OF NECROCHORUME IN THE NEW CEMETERY OF NANUQUE – MG AND THE RISK OF UNDERGROUND WATER CONTAMINATION

ABSTRACT

Cemeteries establish a branch of activity that places the human being from the environmental point of view like any other waste material, consisting of solid waste and a generator of liquid and gaseous effluents. Considering this aspect, necropolises can be sources of pollution capable of harming: surface, groundwater and soil, by organic and inorganic elements and pathogenic microorganisms composed of the decomposition liquid of cadavers, called necrochorume. The methodology adopted was that of quantitative research based on field studies and documentary analysis. Through this work it was found (BIS) basic infiltration speed, initial of 720 mm / min with stabilization, obtained a fixed value of 130 mm / min, classified as very high, indicating that groundwater is supporting a high risk of contamination percolated liquids that penetrate the soil, exerting an upward flow in the groundwater contested by gravity directed to a water body

that is inside the necropolis. Through the research carried out, it can be concluded that the monitoring, inspection, licensing and operation of the existing necropolises must be improved, as well as improvements in the legislation.

Keywords – Soil; Basic Infiltration Speed; Cemeteries

1 INTRODUÇÃO

Como o desenvolvimento tecnológico vem ocasionando o esgotamento dos recursos naturais sem demonstrar preocupação com o meio ambiente, a população cresce de forma desenfreada e os óbitos também, vindo a exigir alternativas adequadas de tratamento. O presente trabalho trata principalmente da problemática do deslocamento da pluma contaminante em atingir a água subterrânea do aquífero livre.

No Brasil a situação é crítica, com estimativa de 35 anos de pesquisas mais de 900 cemitérios obtém resultados alarmantes. “Desse universo de cemitérios pesquisados, de todos os municipais, 75% apresentam problemas de ordem ambiental quanto sanitária” (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2009).

Os cemitérios formam uma área de atividade que coloca o ser humano sob ponto de vista ambiental, como descarte, e esse, formado de resíduos provenientes do necrochorume. Após a morte, o corpo entra no estado de decomposição, agindo sobre ele microrganismos patogênicos e/ou destruidores de matéria orgânica. Os cemitérios são um estabelecimento que possuem vetores que causam doenças, poluição do solo, e das águas subterrâneas, pela infiltração dos líquidos percolados resultante dos processos de decomposição dos cadáveres.

Entretanto, pouco se discute sobre a qualidade das águas subterrâneas que são consumidas no mundo através de poços tubulares, poços rasos e nascentes, o que ameaçados em termos qualitativos e quantitativos, comprometem os interesses hídricos da humanidade e de todas as espécies vivas do planeta.

Sendo assim, em relação à construção de cemitérios deve-se considerar o empreendimento como causador de impactos ambientais, por meio da gestão de políticas públicas, utilizando-se o planejamento urbano e regional para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Barros et al. (2008), a escolha do terreno para a construção de cemitério deve ser feita de acordo com os parâmetros necessários, avaliando todas as características do meio físico, relevo, hidrologia e qualidade do solo, como profundidade efetiva, textura, densidade aparente, teor de matéria orgânica mineralogia da fração de argila, entre outros.

O cemitério novo de Nanuque-MG foi criado desde 01 de agosto de 1997, com uma área de 24.186,29 m², atualmente com 3060 pessoas sepultadas, sendo a população da cidade

de 41.408 habitantes. Situado numa região de crescimento constante e apresenta declividade um tanto acentuada aumentando o risco de erosões.

Com base nesses fatores, o presente trabalho visa analisar o risco de contaminação por esses poluentes, identificando a velocidade de infiltração que o solo possui, orientando assim o município com relação às medidas mitigadoras para o local e diretrizes para novos empreendimentos.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Cemitério Novo de Nanuque-Mg, a partir de uma orientação de pesquisa quantitativa, baseado em trabalho de campo e análises documentais.

Segundo Neto (2001), Nanuque é um município brasileiro do estado de Minas Gerais que possui uma área de 1.542,97 Km². A cidade tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo 17° 19' 12" de latitude sul e pelo meridiano 40° 20' 30" de longitude oeste. O clima em virtude da posição geográfica é o tropical úmido, com estação seca no período de maio a setembro e chuvosa no período de outubro a abril, mostrando uma divisão nítida entre as estações, sendo, porém, irregular a distribuição das chuvas.

O Cemitério Novo (Ilustração 1) encontra-se localizado no bairro Vila Nova, região do município, de constante crescimento. Está em funcionamento desde 01 de agosto de 1997 com uma área de 24.186,29m², em local com declividade acentuada (BATISTA, 2020), com 3060 pessoas sepultadas e com média de 4 (quatro) sepultamentos por semana, de acordo com o livro de registro de óbito, disponível no cemitério velho de Nanuque-Mg.

2.2 Coleta e análise das amostras

Para verificar os principais riscos de contaminação ambiental provocado pelo nicrochorume no solo, buscou-se estabelecer a velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB), a fim de calcular o gradiente hidráulico do solo e informar o período preciso para desenvolver a contaminação do solo e das águas subterrâneas por líquidos percolados.

ILUSTRAÇÃO 1: Localização do Cemitério Novo do Município de Nanuque (MG)**2.2.1 Análise Granulométrica**

A granulometria do solo, consiste na distribuição de suas partículas constituintes de natureza inorgânica ou mineral em classes de tamanho denominadas frações granulométricas. Areia possui partículas de diâmetro entre 0,05 mm e 2 mm, silte partículas menores que 0,05 mm mas maiores que 0,002 mm de diâmetro e a argila possui partículas menores que 0,002 mm.

A coleta de amostra simples de solo foi efetuada nas profundidades de 10 a 25 cm, sendo preciso a retirada em 15 pontos para originar a amostra composta com auxílio de um trado, sendo assim, depois de feito o recolhimento das coletas, foi encaminhada para o laboratório Produza (Laboratório de Análises de Solo, Vegetal e Água), no município de Teófilo Otoni (MG).

2.2.2 Velocidade de Infiltração Básica (VIB)

A penetração do líquido no solo é um processo de entrada de água através da camada superficial do solo, do qual sendo irrigado ou com chuva a velocidade de infiltração se estabiliza. Os dados constantes atingem com o decorrer do tempo, denominando a velocidade de infiltração básica (VIB). A determinação da VIB deve ser efetuada no local nivelado,

utilizando alguns equipamentos, sendo um procedimento demorado e trabalhoso (FAGUNDES et al. 2012).

Na especificação de conhecimentos sobre o movimento da água no solo, a velocidade superficial de percolação foi diferenciada utilizando o gradiente hidráulico e concluiu-se uma relação experimental evidenciada como Lei de Darcy (sobrenome do pesquisador envolvido), representada pela Equação 1. Mostra uma comparação da velocidade de descarga (V) de um fluido usando o meio poroso, com um gradiente hidráulico (i), mostrado na Equação 2. O gradiente hidráulico é a comparação entre perda de carga (h) e o comprimento do meio poroso (L), e (Z) a altura de água fixado na saída (COSTA, 2016).

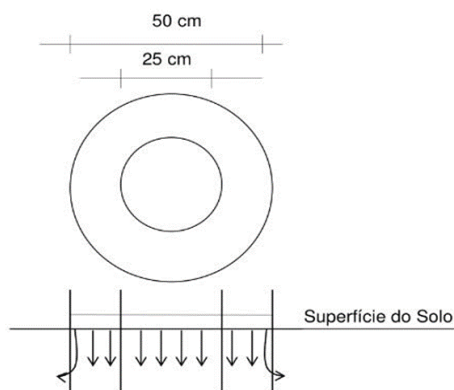
$$V = K \cdot i \quad \text{Equação 1}$$

$$i = \frac{h}{L} \quad \text{Equação 2}$$

O estudo de infiltração é de mera importância para conceituar a condutividade hidráulica (K) do solo em questão. Condutividade hidráulica (K) é um componente que auxilia na determinação de suporte para o aquífero em levar a água sob influência de sentido do gradiente para uma camada superficial potenciométrica, perceptível que quanto maior o efeito de condutividade hidráulica, logo o aquífero permitirá que a água chegue até a nascente (CARVALHO, 2015).

Para calcular a permeabilidade do solo e a taxa de infiltração da água subterrânea utilizou o método de infiltrômetro de anéis concêntricos (Ilustração 2), que inclui dois anéis fixados no solo concentricamente, sendo o menor com diâmetro de 25 cm e o maior com 50 cm e ambos com altura de 30 cm (BERNARDO et al. 2006).

Após a instalação dos anéis no solo, com uma régua graduada acompanhou-se a infiltração vertical da água, em intervalo de tempo, observando-se em um cronômetro simultaneamente, esse tempo foi aumentando, sendo variável com o tempo de infiltração do volume de água. O tempo em minutos realizados de cada leitura será: 0, 2, 5, 10, 15 e 30 minutos a contar do instante zero até a estabilização, com repetições até o tempo total de duração do teste de 150 minutos. O encontro da VIB se dará no ato de quando começará a se equilibrar os valores.

ILUSTRAÇÃO 2: Infiltrômetro de anel com respectivo desenho esquemático.

Fonte: CARVALHO; SILVA (2006).

2.2.3 Determinação do Gradiente Hidráulico

O gradiente hidráulico é a razão entre as variações de carga hidráulica (Δh) entre dois pontos da superfície freática ou nível da água e comprimento percorrido (L), na direção do fluxo, fisicamente, mede a inclinação da superfície da água subterrânea. Equivale a variação máxima da carga hidráulica (FEITOSA; FILHO, 2000).

Através de um levantamento planialtimétrico da área do cemitério e seu entorno serão extraídas as cotas topográficas do nível da água em poços freáticos, situados nas adjacências, a fim de elaborar o mapa potenciométrico, por meio da interpolação dos valores de carga hidráulica em linhas equipotenciais. O levantamento planialtimétrico, será com GPS topográfico e processado em softwares específicos para interpolar as cotas altimétricas a partir dos pontos levantados e traçar as linhas de fluxo de água subterrâneas na área do cemitério, e identificar-se que o escoamento da água subterrânea está no sentido da área estudada (FEITOSA; FILHO, 2000).

A velocidade de migração das águas subterrâneas será calculada em função do padrão de fluxo e dos parâmetros hidrogeológicos do aquífero, de acordo com a Lei de Darcy, através das expressões:

$$i = \frac{(h_1 - h_2)}{L} \quad q = K \times i$$

Onde:

i = gradiente hidráulico (m/m)

H_1 = Altura 1 (m)

H_2 = Altura 2 (m)

L = distância (m)

K= Condutividade Hidráulica (m/d)

q= Velocidade de Darcy (m/d)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria representa umas de suas características mais estáveis utilizada na classificação do solo, indica a textura, sendo determinada pelas proporções relativas das classes de tamanho das partículas. A análise granulométrica do solo apresentou 4% de argila, 35% de areia e 53% de silte, pela classificação textural trata-se de um solo franco-siltoso (SILVA et al. 2004). A textura é importante para o entendimento do comportamento e manejo do solo.

Um solo com esta textura apresenta boa drenagem e aeração, baixa retenção de água, menor densidade do solo, maior risco de erosão. Este solo caracteriza-se ainda pela alta permeabilidade, devido as características de sua porosidade. Apresenta predominantemente grandes poros (macroporos) entre os grão de areia, facilitando a circulação de ar e água e consequentemente a percolação do necrochorume.

A determinação da velocidade de infiltração básica do solo (VIB) foi obtida conforme os dados da Tabela 1.

De acordo com Bernardo et al.(2006), o solo pode ser classificado de acordo com sua velocidade de infiltração básica: > 30 mm/h (VIB muito alta) de 15-30 mm/h (VIB alta), 5-15 mm/h (VIB média) e < 5 mm/h (VIB baixa). O valor para VIB encontrado (86,6 mm/h) classifica o solo com uma VIB muito alta, esse resultado indica que o solo é de textura franco-arenosa, já que a VIB está relacionada com a textura e estrutura do solo.

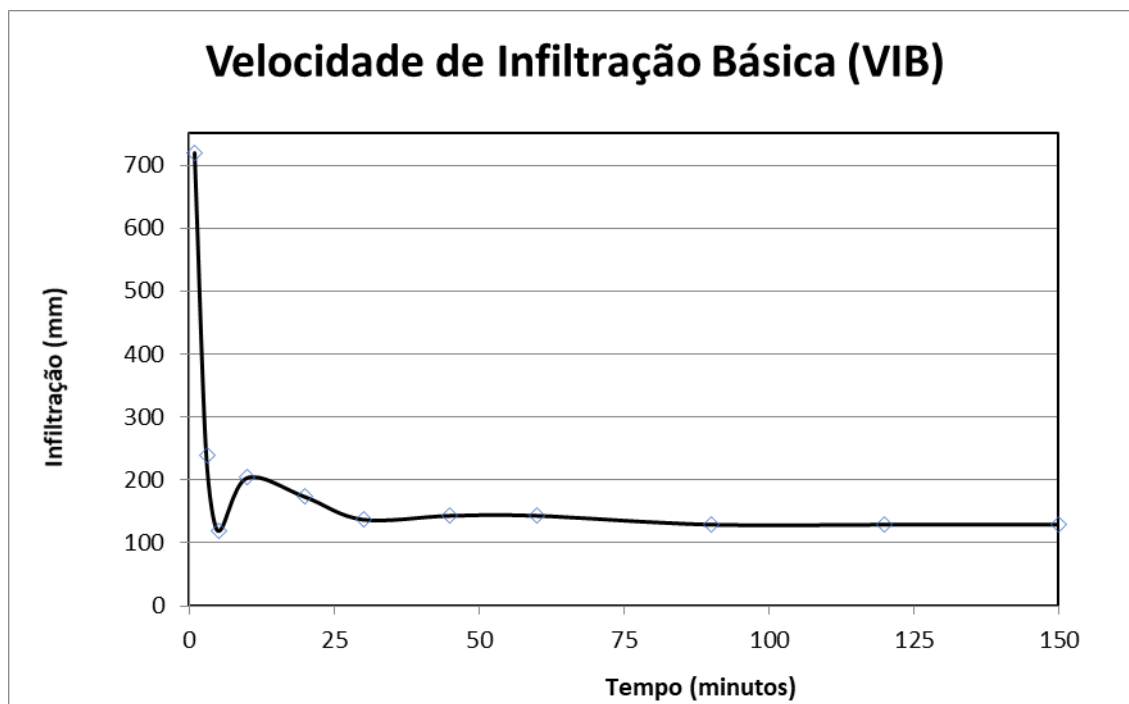
A penetração do chorume e a infiltração da água de chuva em depósitos sólidos de matéria orgânica agravam assim o impacto ambiental, às águas subterrâneas (FEITOSA; FILHO, 2000).

Primeiramente, notou-se uma velocidade de infiltração de 720 mm/min e este resultado foi baixando lentamente com o passar do tempo; sendo assim após duas horas e trinta minutos, alcançou um valor inalterável de 130 mm/min (86,6 mm/h) como pode ser analisado na ilustração 3.

TABELA 1- Determinação da velocidade de infiltração para este estudo.

Tempo (min)			Régua (cm)		Infiltração
Tempo	Horário	DT	Leitura	Diferença	Vi(mm/min)
0	09:00		11		
1	09:01	1	9.8	12	720
3	09:03	2	9.0-11	8	240
5	09:05	2	10.6	4	120
10	09:10	5	8.9-11	17	204
20	09:20	10	8.1-11	29	174
30	09:30	10	8.7-11	23	138
45	09:45	15	7.4-11	36	144
60	10:00	15	7.4-11	36	144
90	10:30	30	4.5-11	65	130
120	11:00	30	4.5-11	65	130
150	11:30	30	4.5-11	65	130

Fonte: Dados da pesquisa

ILUSTRAÇÃO 3: Velocidade de Infiltração Básica (VIB) para este estudo.

Fonte: Dados da pesquisa

4 CONCLUSÃO

Diante do estudo apresentado, o método de avaliação da VIB apresenta uma alta velocidade de infiltração, do qual podemos concluir que os líquidos percolados na área do cemitério atingem em curto tempo o lençol freático verticalmente, provocando contaminação nas águas subterrâneas, valores obtidos pela relação com os atributos do solo.

Com a apresentação do gradiente hidráulico realizado e a velocidade de movimentação das águas subterrâneas, analisou-se uma média de 0,049 m/dia de líquidos percolados deslocando horizontalmente com sentido de fluxo ascendente localizado dentro da necrópole. É que, com 6 anos de uso e ocupação do cemitério, haverá uma contaminação horizontal elevada, já sendo evidente a contaminação vertical.

No entanto, constata-se que a contaminação do solo por necrochorume pode prejudicar de maneira significativa a utilização das águas subterrâneas. 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 coeficientes de permeabilidade maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático. Todos

cemitérios devem ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental nos termos da Resolução responsável e serão adotadas as definições necessárias.

Para amenizar os impactos causados pelos cemitérios, as normas condicionam este tipo de empreendimento à realização do EIA/RIMA. Para que este relatório seja fornecido, é feito o estudo prévio de viabilidade, identificando as condições do local, tipo de solo, localização e profundidade do lençol freático. Além disso, a obra deve ser feita verificando outros fatores de importância que o terreno em questão necessite, para a implantação de um cemitério.

O aprofundamento do estudo da área e a conservação do solo são muito importantes para a segurança tanto da água subterrânea quanto superficial, assim prevenindo a saúde humana e o meio ambiente.

5 REFERÊNCIAS

BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; ZANELLO, S.; ROMANÓ, E. N. L.; LUCIANO, P. R. Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do cemitério municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.4, p. 1763- 1773, 2008.

BATISTA, L. O. Índícios de Contaminação da Lagoa do Cemitério Novo da cidade de Nanuque-MG. In: LANDA, G.G.; MAAS, A.S.V.D. (Orgs.). **Contribuições ao estudo ambiental em Nanuque – Minas Gerais**. 1.ed. São Paulo: Editora Ixtlan, 2020. p. 97-117.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa:UFV, 2006. 625p.

CARVALHO, T. A. **Análise dos principais impactos ambientais gerados pelos resíduos sólidos urbanos no município de Ponto Belo - ES**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário de Caratinga - Campus de Nanuque, Nanuque, 2015.

CARVALHO, D.F; SILVA, L.D.B. **Hidrologia**. 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APO> . Acesso em: 06 set. 2014.

COSTA, W. G. S. **Efeito da variação do gradiente hidráulico na estrutura de um solo compactado**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

FAGUNDES, E.A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de Cerrado no Município de Rondonópolis-MT. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n.14, p. 369-378, 2012.

FEITOSA, F.; FILHO, J. M. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Fortaleza, 2000. 391p.

NETO, S.P.G.C. **Contribuição ao estudo geográfico do município de Nanuque-MG**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. **Revista Ciência Hoje**, v. 44, n. 262, p. 24-29, 2009.

SILVA, E. M.; LIMA, J.E.F.W.; RODRIGUES, L.N.; AZEVEDO, J.A. 2004. Comparação de modelos matemáticos para o traçado de curvas granulométricas. **Pesq. agropec. bras.**, v. 39, n. 4, p. 363-370, 2004.