

IDENTIFICAÇÃO DA PLUMA DE GÁS METANO NO SUBSOLO DO LIXÃO ARROIO DOURADO – ESTUDO DE CASO

ALCIONE VINÍCIUS LORENCE^{1*}, CARLOS EDUARDO TINO BALESTRA².

¹Graduando em Engenharia Civil, UTFPR, Toledo-PR, vini.geologia@gmail.com

²Doutorando em Engenharia de Infraestrutura Aeroportuária pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Professor Mestre, UTFPR, Toledo -PR, carlosbalestra@utfpr.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Devido os perigos comprovados em habitar áreas de disposição de resíduos sólidos aliados à ausência de políticas públicas habitacionais, objetiva-se por este trabalho mapear os pontos onde a população está submetida aos maiores riscos relacionados a exposição de gás metano. As concentrações de gás foram diagnosticadas após traçar uma malha aproximadamente regular de 5x5 metros sendo que o produto final desta etapa se resume em apontar um peso a cada ponto avaliado. Trata-se de uma interpolação de dados, conhecida também por *krigagem*. Os valores encontrados durante a avaliação de gás metano foram utilizados para produzir o mapa das concentrações levando em conta os limites inferiores e superiores de inflamabilidade do metano. Os resultados demonstraram que o subsolo possui muito vapor de metano. Algumas áreas apresentam-se dentro dos limites considerados explosivos para o composto químico, essa área com risco de explosão, está na porção mais superior do lixão, justamente nas áreas onde não há residências ou povoamento. Além dos riscos de explosão, foi notado também movimentações de massas e solos propícios ao colapso, portanto, nota-se que não apenas um risco que a população está exposta, mas sim vários componentes que somados extinguem qualquer possibilidade de moradia nesse local.

PALAVRAS-CHAVE: Explosão, gás metano, krigagem, lixão.

IDENTIFICATION OF METHANE PLUME GAS IN THE SUBSOIL OF LANDFILL ARROIO DOURADO – CASE STUDY

ABSTRACT: Due of the dangers proven to dwell disposal areas of solid waste combined with the absence of housing policies, the objective is for this work to map the points where the population is subject to major risks related to exposure to methane gas. The gas concentrations were diagnosed after tracing an approximately regular grid of 5x5 meters and the final product of this stage comes down to point a weight to each point evaluated. This is a data interpolation, also known as *kriging*. The values found during the evaluation of methane gas were used to produce the map of concentrations taking into account the lower and upper limits of flammability of methane. The results showed that the basement has a lot of methane steam. Some areas are presented within the limits considered explosives to the chemical compound, the area with explosion risk, is at the upper portion of the dumpsite, precisely in the areas where there are no homes or settlement. In addition to the risk of explosion it is also noted drives soil mass and amenable to collapse, thus, there is not only a risk that the population is exposed, but several components added to quench any possibility of housing in this location.

KEYWORDS: Explosion, methane gas, kriging, landfill.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional é diretamente proporcional à geração de resíduos. A rápida expansão do município de Foz do Iguaçu (região Oeste do Estado do Paraná, Brasil) elevou os problemas ambientais, em especial devido à ausência ou insipiência de políticas públicas de ordenamento territorial (Günther 2008).

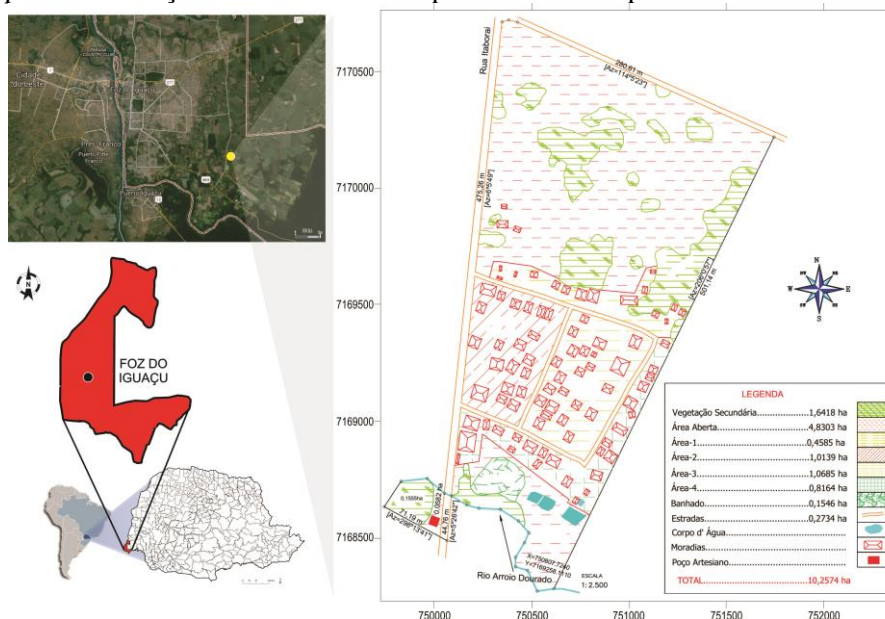
Segundo Themelis & Ulloa (2007), um dos principais gases que são gerados em aterros sanitários é o metano, sendo este um gás com características inflamáveis e prejudicial ao sistema respiratório humano, se inalado, pode causar tontura, dificuldade respiratória e perda da consciência. De acordo com Tchobanoglous et al. (1994) o gás metano é gerado continuamente devido a decomposição da matéria presente nos aterros sanitários, sendo que sua geração persiste por décadas. Tal fato justifica a restrição quanto a ocupação destas áreas para fins residenciais mesmo após o esgotamento da capacidade do aterro sanitário. Gensburg et al. (2009), apontam que há sérios riscos à saúde humana em morar próximo a aterros sanitários, sendo uma das justificativas a geração de gás metano e demais compostos tóxicos. Inúmeros são os trabalhos que tratam da geração de gases em aterros sanitários, onde podem ser citados Di Trapani et al. (2013) e Kumar et al. (2016), avaliando a produção de gás em aterros inclinados. Mau et al. (2011), investigaram a pluma de metano em diferentes profundidades na costa da Califórnia, Estados Unidos no ano de 2007 descobrindo que 40% da pluma será transferida para a atmosfera. Filho (2005), mostraram os requisitos mínimos para desencadear o processo de inflamabilidade do metano.

Koelsch (2005), pontua para o perigo da má gestão da ocupação urbana podendo levar os habitantes a contaminações diversas, risco de colapso de terra, entre outros, tais como o condomínio Barão de Mauá em São Paulo, Brasil por conta da ocupação populacional indevida nesta área de disposição de resíduos. Na cidade de Foz do Iguaçu esta problemática também é evidenciada na comunidade Arroio Dourado, onde a crescente expansão urbana veio a ocupar a área de um lixão desativado logo após sua exaustão. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo mapear os pontos onde a população está submetida aos maiores riscos relacionados a exposição de gás metano.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área em estudo localiza-se na porção sudeste do município de Foz do Iguaçu, Estado do Paraná, e apresenta uma área de 145.981,94 m². O acesso é feito pela Avenida Felipe Wandscheer até a confluência com a Rua Itaboraí. A Figura 1 mostra a localização do local em estudo perante o município. A altitude da região varia de 208 a 216 metros em relação ao nível do mar. Seu posicionamento, segundo dados da Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu (PMFI), encontra-se entre os paralelos 25°34'04" e 25°34'20"S, e entre os meridianos de 54°30'13" e 54°30'10"W (PMFI, 2011).

Figura 1. Mapa de localização da área em estudo perante o município.



Fonte: Banco de dados do pesquisador.

A metodologia de trabalho buscou avaliar as concentrações de gás metano (CH₄) no subsolo, por meio do método conhecido por Krigagem, uma metodologia de interpolação de dados. Para a coleta de dados do subsolo em fase vapor, foram realizadas 97 leituras quantitativas. Com o uso do mapa georreferenciado da área, foi traçada uma malha aproximadamente regular, com espaçamento médio de 5x5 metros para a investigação. Depois de realizada a malha regular no terreno, cada ponto ilustra um local de leitura de gás que, posteriormente, será tratado em *software* específico. Imediatamente após a perfuração, foi introduzida, na perfuração, uma haste de ferro oca e perfurada, para melhor fluência de gás volátil, acoplada ao aparelho de leitura conhecido por *Gastech Innova SV*. Esse medidor é composto de um sensor de Foto Ionização para mediação de compostos orgânicos voláteis em ppm e de um sensor catalítico para mediação de LEL (*Low Explosivity Level* ou Limite Inferior de Inflamabilidade – LII) de gás metano (CH₄) em porcentagem de volume. Nesses locais foram feitas medições da concentração do gás metano em um metro de profundidade. A análise local teve, inicialmente, uma visita técnica para observação e demarcação dos pontos a serem investigados e demais coletas de dados do subsolo (permeabilidade, condutividade, análises geotécnicas e geoquímicas), tudo para garantir o sucesso na avaliação final. Após, os dados locais foram trabalhados em *softwares* e, em seguida, apresentado seu resultado.

A determinação dos valores de concentrações de gás metano foi realizada com auxílio de *softwares* que interpolaram os dados. Esse procedimento, que utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações, é, também, conhecido por Krigagem. Essa técnica utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes. O método baseia-se na ideia de que se pode fazer inferências a partir de uma função aleatória $Z(x)$, originando os pontos $Z(x_1)$, $Z(x_2)$, ..., $Z(x_n)$ (Isaaks & Srivastava, 1989).

A avaliação local focou na identificação de pontos com valores na ordem de 5 a 15% de volume, ou seja, os limites inferiores e superiores de inflamabilidade do gás metano. Esses limites correspondem respectivamente às frações volumétricas (ou percentual em volume) mínimas e máximas de combustível em uma mistura comburente que, quando submetida a uma fonte de ignição, provoca uma combustão autossustentada (Filho, 2005) e estão relacionados a uma faixa de pressão de 1 atm e temperatura à 25°C, sem alteração significativa para temperatura e pressão diferentes.

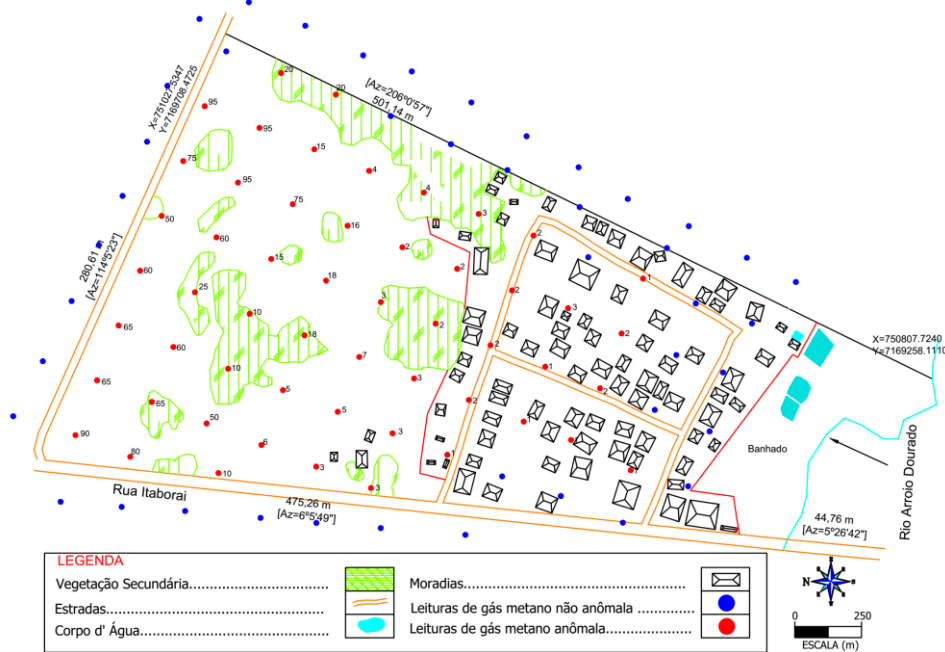
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que a variação dos valores de concentração estão diretamente ligados ao tipo de resíduo depositado no local e, também, ao tempo em que o aterro está desativado. O local foi utilizado de 1960 a 1992. Nos últimos anos de sua utilização, o aporte populacional aproximava-se dos 232.000. Depois de sua desativação, o resíduo exposto foi somente recoberto com uma camada de solo, a qual, em muitos lugares, foi insuficiente.

O aumento populacional, aliado a falta de moradia, levou algumas famílias a buscar esse local para se acomodar. Hoje, a população que reside no denominado Lixão Arroio Dourado enfrenta sérios problemas devido a impactos inerentes à ocupação irregular. Até pouco tempo atrás, o local era desassistido de toda infraestrutura básica. No entanto, atualmente há energia elétrica e rede de distribuição de água, embora algumas famílias ainda optem por consumir água de poços escavados dentro da própria camada de lixo, tudo para não necessitar pagamento pelo uso da água. A ocupação irregular gerou uma comunidade de baixa renda, com pessoas desassistidas de conhecimento, de infraestrutura sanitária, bem como de outros serviços públicos. Entretanto, acima de tudo, a população do local necessita de muito mais do que infraestrutura básica. Sendo assim, essas pessoas deveriam ser assistidas e orientadas sobre o perigo que tal situação ambiental representa à saúde humana.

Na Figura 2 observam-se os valores da concentração de gás metano em porcentagem de volume durante a campanha realizada no local. Nota-se que a distribuição dos maiores valores estão justamente nas altitudes mais elevadas do aterro. Possivelmente nessas células foram dispostos resíduos mais aptos a produção de gás, ao passo que, nas camadas mais inferiores, a concentração de gás é menor.

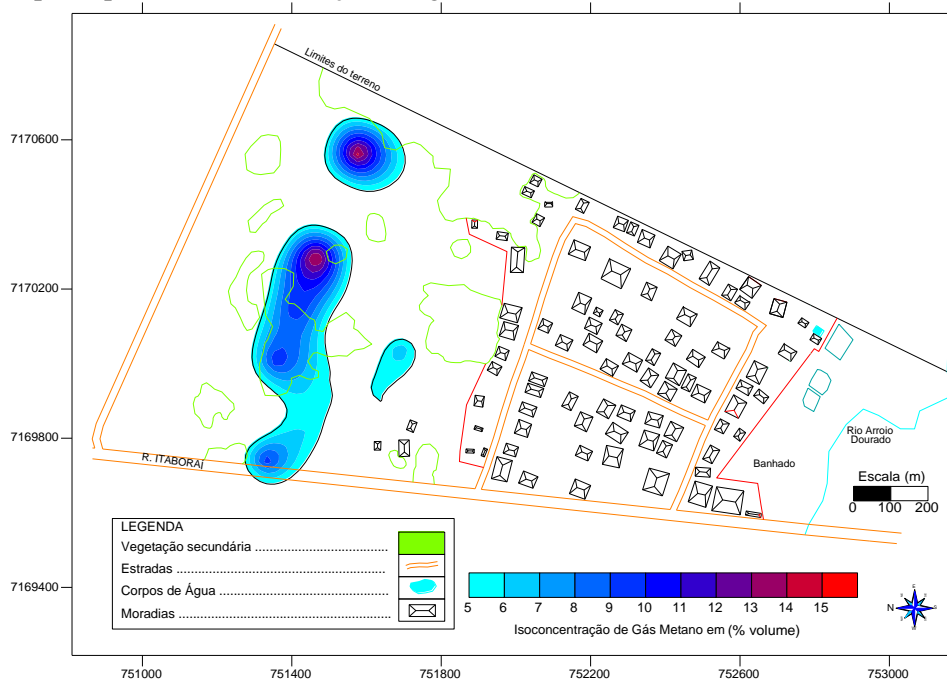
Figura 2. Mapa dos valores encontrados durante a campanha de avaliação de gás metano (% volume).



Foi possível perceber através da visita técnica ao local que nos locais com maior concentração de gás, o terreno é colapsível apresentando movimentações de solo. Foram notadas árvores com inclinações acentuadas e, quando caminha-se sobre o solo, o mesmo apresenta-se muito mole. Este fato está relacionado à concentrações de gás metano aprisionadas nas camadas de solo inferiores formados a partir da decomposição do material. Tal fato remete à riscos de desmoronamentos repentinos incorrendo em riscos à população que reside neste local.

Observa-se, na Figura 3, a isoconcentração dos vapores diagnosticados no local. Nesse mapa, buscou-se apresentar a geometria da pluma de gás metano em subsolo com características de inflamabilidade apontados pela Cetesb (2003). Nota-se que os valores considerados explosivos estão presentes nas áreas mais acima das residências, locais em que alguns habitantes mantém animais (vacas e cavalos) na grama que cresceu junto ao resíduo.

Figura 3. Mapa da pluma de concentrações de gás metano no subsolo.



É possível perceber também que essas células possuem muita movimentação de massa; árvores estão inclinadas e o solo apresenta-se muito colapsível. Além disso, notou-se pequenas fissuras no solo superficial, os quais servem para escape do gás metano. Esses locais tratam-se dos pontos onde foram detectados os valores que estão dentro da faixa de inflamabilidade (5 a 15%). Embora estes locais com alta concentração gás ainda não tenham sido ocupados, há uma tendência quanto a sua ocupação por conta do crescimento populacional da localidade aliado à falta de políticas públicas efetivas para barrar este avanço demográfico e pelo desconhecimento da população quanto aos riscos do local.

As fissuras encontradas no solo superficial, possivelmente, são produtos da intensa degradação residual, o que acarretou numa grande produção de gás metano. Se for levado em conta que a produção dirige-se, lentamente, para números próximos de zero, percebe-se que há grandes riscos de ocorrer uma explosão. É provável que ainda não houve relatos de explosões devido à falta de algum componente que feche o denominado triângulo do fogo (combustível, comburente e calor).

CONCLUSÃO

Com o uso do método geoestatístico de interpolação de dados, foi possível mapear a concentração de gás metano em subsolo e assim identificar a pluma das concentrações do gás inflamável no local. Os resultados são preocupantes, pois, apontam risco eminente em áreas ainda inabitáveis, porém, propícias ao povoamento. Os valores encontrados na avaliação estão dentro da faixa de inflamabilidade, ou seja, a área é passível de explosão.

O crescimento populacional no local poderá gerar novos problemas ambientais, pois, as áreas próximas do ápice do aterro são extremamente perigosas, não sendo recomendável a habitação nesse setor. Ademais, não é recomendável a habitação sobre aterros sanitários, tampouco em lixões, pois, além dos problemas com gases inflamáveis, também há a contaminação do solo e do lençol freático.

REFERÊNCIAS

- Chakrabortya, M.; Sharma, C.; Pandey, J.; Singh, N.; Gupta, P. Methane emission estimation from landfills in Delhi: A comparative assessment of different methodologies. *Atmospheric Environment*, n. 45, p.7135-7142, 2011.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de produtos químicos. São Paulo, SP, 2003. 29p.
- Di Trapani, D.; Di Bella, G.; Viviani, G. Uncontrolled methane emissions from a MSW landfill surface: Influence of landfill features and side slopes. *Waste Management*, n.33, p.2108-2115, 2013.
- Filho, L. F. de B. Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos. 222f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia Civil). COPPE/UFRJ II. Rio de Janeiro, 2015.
- FOZ DO IGUAÇU. Prefeitura Municipal. Dados sócio econômicos de Foz do Iguaçu 2011. Foz do Iguaçu, PR, 2011. 257p.
- Gensburg, L. J.; Pantea, C.; Fitzgerald, E.; Stark, A.; Hwang, Syni-an, K. N. Mortality among former Love Canal Residents. *Environmental Health Perspectives*, n.2, v.117, p.209-216, 2009.
- Günther, W. M. R. Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental. 148f. Texto de sistematização crítica (Professor Livre Docente). Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
- Isaaks, E. H.; Srivastava, R.M. *An Introduction to Applied Geostatistics*. NY: Oxford University Press, Inc., 1989.
- Kumar, S.; Nimchuk, N.; Kumar, R.; Zietsman, J.; Ramani, T.; Spiegelman, C.; Kenney, M. Specific model for the estimation of methane emission from municipal solid waste landfills in India. *Bioresource Technology*, n. 216, p.981-987, 2016.
- Mau, S.; Heintz, M.; Valentine, D. L. Quantification of CH₄ loss and transport in dissolved plumes of the Santa Barbara Channel, California. *Continental Shelf Research*, n.32, p.110-120, 2012.
- Tchobanoglous, G.; Thessen, H.; Vigil, S. A. *Composicion y características, generacion, movimiento y control de los gases de vertedero*. *Gestion Integral de Resíduos Sólidos*, Mc Graw Hill, v.1, cap.11.4, 1994.
- Themelis, N. J.; Ulloa, P. A. Methane generation in landfills. *Renewable Energy*, n.32, p.1243-1257, 2007.
- Zhu, H.; Letzel, M. O.; Reiser, M.; Kranert, M.; Bächlin, W.; Flassak, T. A new approach to estimation of methane emission rates from landfills. *Waste Management*, n.33, p.2713-2719, 2013.