

III-098 – AVALIAÇÃO DA INFLUENCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE E DA PRECIPITAÇÃO NA TEMPERATURA DA MASSA DE RESÍDUOS DE UM ATERRO SANITÁRIO DE MÉDIO PORTE

Marcus Cesar Avezum Alves de Castro⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico. Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC-USP). Professor do curso de Engenharia Ambiental-IGCE-UNESP.

Bruno Guilherme Denardi Zanatta⁽²⁾

Graduando em Engenharia Ambiental-IGCE-UNESP

Wellington Cyro de Almeida Leite⁽³⁾

Engenheiro Civil. Professor do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-FEG-UNESP

Valdir Schalech⁽⁴⁾

Engenheiro Químico. Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento-EESC-USP

Endereço⁽¹⁾: Avenida 24A, 1515, Departamento de Geologia Aplicada - Bairro Bela Vista – Rio Claro-SP - CEP 13506-900 - Brasil - Tel: +55 (19) 3526-9303 e-mail: mcastro@rc.unesp.br

RESUMO

A pesquisa investiga a influência da temperatura ambiente e da precipitação na temperatura da massa de resíduos do aterro sanitário do município de Rio Claro-SP. O aterro iniciou suas atividades em 2001, atualmente recebe em média 5.000 t/mês de resíduos sólidos domiciliares (média diária de 192 t/dia). Possui uma área total de 141.637,68 m², sendo que aproximadamente 98.000 m² destinados à disposição de resíduos. A camada de cobertura final é realizada com solo, com aproximadamente 0,50 m de espessura. A temperatura foi aferida em dois pontos distintos denominados por “P1” e “Controle”. O ponto P1 localiza-se no último patamar do aterro sanitário, em uma área já encerrada, com resíduos com tempo de disposição entre 6 e 10 anos. O ponto denominado “Controle” localiza-se fora da área de disposição de resíduos. De maneira geral, os resultados mostraram a influência mais acentuada da temperatura ambiente em profundidades de até 3,0 metros (a partir da superfície), e a estabilidade a partir de profundidades acima de 5,0 metros. As maiores temperaturas obtidas foram de 37,5 °C. Para as condições da pesquisa, a precipitação teve pouca influência na temperatura dos resíduos, possivelmente devido à prática da recirculação de lixiviado e também pelo tempo elevado de disposição dos resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, aterro sanitário, temperatura dos resíduos em aterros sanitários.

INTRODUÇÃO

O aumento da geração de resíduos sólidos é um dos temas discutidos na agenda do desenvolvimento sustentável. Como consequência da elevada quantidade de resíduos gerada, a disposição em aterros sanitários tornou-se um desafio para as administrações públicas, pois requerem um planejamento prévio e elevados investimentos financeiros.

Considerando os princípios da boa gestão, o aterro sanitário deveria receber somente resíduos não passíveis de reciclagem (rejeitos ou aqueles denominados por “resíduos últimos”), no entanto, é o destino da quase totalidade dos materiais descartados. Na grande maioria dos municípios brasileiros, as etapas do gerenciamento de resíduos sólidos resumem-se a coleta regular e a destinação final, com raras e insipientes iniciativas voltadas à redução da geração, à responsabilidade compartilhada para operacionalizar a logística reversa dos recicláveis e à reinserção de materiais reciclados no processo produtivo.

Este cenário é agravado quando se observa que aproximadamente 40% dos resíduos sólidos domiciliares gerados em 2011 foram destinados para lixões, conforme dados apresentados pela ABRELPE (2012).

Neste contexto, a parcela orgânica dos resíduos sólidos domiciliares é disposta em aterros sanitários, sendo degradada por via anaeróbia, gerando o gás metano como um dos subprodutos.

Nesse sentido, pesquisas vêm sendo realizadas com a finalidade levantar parâmetros seguros para estimativa do potencial de geração de metano em aterros sanitários desativados e em operação, de forma a subsidiar estudos de viabilidade econômica para o seu aproveitamento energético.

Nesta linha, pesquisa realizada por Marques e Castro (2012) em um aterro sanitário de médio porte, mostrou a existência de relação direta entre a produção (vazão) de gás metano com a relação DBO/DQO do solubilizado extraído dos resíduos aterrados.

A produção de metano em aterros sanitários vai depender de vários fatores como, por exemplo, presença de matéria orgânica biodegradável, umidade, pH e temperatura. Dentre estes parâmetros, a temperatura na massa de resíduos aterrados determina os tipos de bactérias predominantes bem como a sua atividade e, consequentemente, o nível de produção de gás.

Portando, conhecer o comportamento da temperatura em aterros sanitários poderá auxiliar na utilização deste parâmetro como indicador da atividade biológica, e consequentemente contribuir para os estudos do potencial de geração de metano.

Por outro lado, altas temperaturas têm efeitos adversos sobre os sistemas de impermeabilização, como a redução do tempo de vida de geossintéticos e ressecamento da camada de argila, com o desenvolvimento de características secundárias como, por exemplo, rachaduras nas camadas de impermeabilização. (ROWE, 2005 apud HANSON et al. 2010)

Nesse sentido, o trabalho investiga a influencia da temperatura ambiente e da precipitação na temperatura da massa de resíduos aterrados, em diferentes profundidades, em um aterro sanitário de médio porte.

COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA NA MASSA DE RESÍDUOS EM ATERROS SANITÁRIOS

A seguir são apresentados de forma sucinta os resultados de pesquisas relacionadas à variação da temperatura em aterros sanitários.

De acordo com Yesiller, N. et al. (2003) as variações sazonais, o tempo de disposição dos resíduos e a umidade disponível têm efeito significativo sobre a temperatura da massa de resíduos aterrada.

Coumoulos et al. (1995) observou que para profundidades próximas de 20m, as temperaturas na massa de resíduos variaram entre 40°C e 60°C, independente das condições ambientais. Já em profundidades maiores que 20 metros, a temperatura variou na faixa entre 5°C e 15°C.

Segundo McBean, E.A, et al. (2005) grandes flutuações de temperaturas são típicas das camadas superficiais de um aterro, isso se deve ao fato das variações na temperatura ambiente. De acordo com o autor, nos resíduos dispostos a uma profundidade de 15 metros ou mais não foi observada a influencia da temperatura ambiente.

Monteiro e Jucá (1999), observaram temperaturas crescentes até profundidades próximas a 15 m, com temperatura máxima de aproximadamente 60 °C, em célula de resíduo novo (baixo tempo de disposição). Em áreas com resíduos depositados a vários anos, observou-se temperaturas constantes.

A figura 1 apresenta os resultados da pesquisa realizada por Hanson, J. L. et al. (2010) em duas células do aterro de British Columbia. O aterro recebe anualmente 390.000 t de resíduos, ocupa uma área de 2.250.000 m², a precipitação anual média é de 1167 mm com temperatura anual média de 9,9 °C.

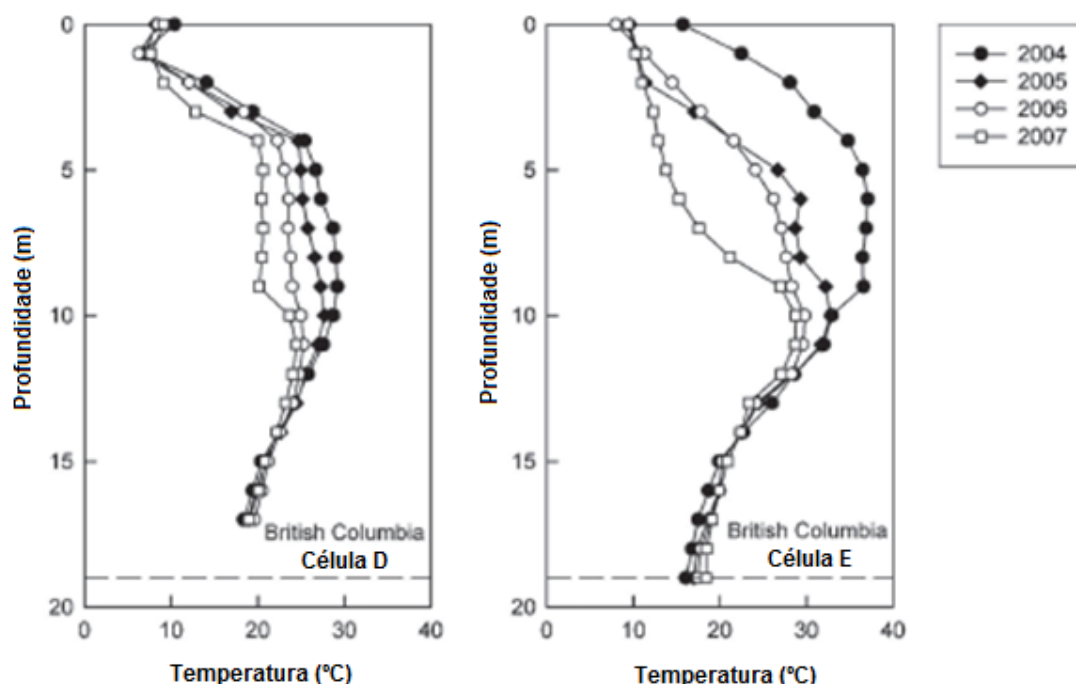


Figura 1 : Comportamento da temperatura no período de 2004 a 2007, no aterro de British Columbia. Fonte: Hanson et al. (2010)

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no aterro sanitário do município de Rio Claro-SP, o qual recebe em média 5.000 t/mês de resíduos sólidos domiciliares (média diária de 192 t/dia). A área total do aterro sanitário é de 141.637,68m², sendo que aproximadamente 98.000m² destinados à disposição de resíduos.

O aterro iniciou suas atividades em 2001, com previsão de encerramento para 2014. O aterro sanitário possui 5 patamares com altura média de 5 m cada um. A camada de cobertura dos resíduos é realizada com solo argiloso compactado com espessura de 0,30m, a base impermeabilizada com manta PEAD de 2mm. Possui sistema de captação e tratamento (lagoas aeradas) para o lixiviado. Parte do lixiviado coletado nas lagoas é recirculado na massa de resíduos, por meio de caminhão pipa.

A média pluviométrica da região é de 1.400mm/ano e tem seu regime de chuva dividido em período de seca, entre abril e setembro, e um período chuvoso de outubro a março, e corresponde a 80% das precipitações anuais (CEAPLA).

MATERIAIS E MÉTODOS

A aferição da temperatura foi realizada com termoresistência, pois apresentam maior precisão, estabilidade e pouca influência de ruídos elétricos, quando comparadas com termopares. A leitura do sinal das termoresistências foi realizado com indicador digital DMY-2015, e o conjunto apresenta uma precisão de +/- 0,15 °C. A medição da temperatura ambiente e na profundidade de 0,15m foi realizada com termômetro digital “tipo espeto”.

A temperatura foi medida em dois pontos distintos denominados por “P1” e “Controle”. O ponto P1 localiza-se no último patamar do aterro sanitário, em uma área já encerrada, com resíduos com tempo de disposição entre 6 e 10 anos. O ponto denominado “Controle” localiza-se fora da área de disposição de resíduos, e tem por finalidade acompanhar a variação da temperatura do solo, para posterior comparação desta com a variação da temperatura na massa de resíduos. A figura 2 a seguir apresenta a localização dos pontos “P1” e “Controle”.

A profundidade dos sensores de temperatura nos pontos “P1” e “Controle” foram:

- Ponto “Controle”: 3 sensores: 1,0 metro; 3,0 metros e 5,0 metros - incluindo a medição da temperatura na superfície (0,15 metros) com um termômetro tipo espeto;
- Ponto “P1”: 5 sensores: 1,0 m; 3,0 m; 5,0 m; 6,5 m e 8,5 m - incluindo a medição da temperatura na superfície (0,15 metros) com um termômetro tipo espeto.



Figura 2- Localização dos pontos P1 e Controle onde foram instaladas as termoresistências para aferição da temperatura, no aterro sanitário de Rio Claro-SP

As perfurações para a instalação dos dois conjuntos de sensores (Controle e P1) foram realizadas com trado mecanizado, conforme apresenta a figura 3. A frequência de medição da temperatura foi a cada 7 dias, em três horários distintos: manhã (entre 7:30h e 8:30h), ao meio dia (entre 11:30h e 12:30h) e no final do dia (entre 16:30h e 17:30h). O trabalho apresenta os dados obtidos no período de 21/05/2012 a 28/11/2012.



Figura 3- Perfuração da massa de resíduos com trado, posicionamento do conjunto de termoresistência e o conjunto instalados com os cabos.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir na figura 4 apresentada as temperaturas obtidas no ponto “P1” e “Controle”.

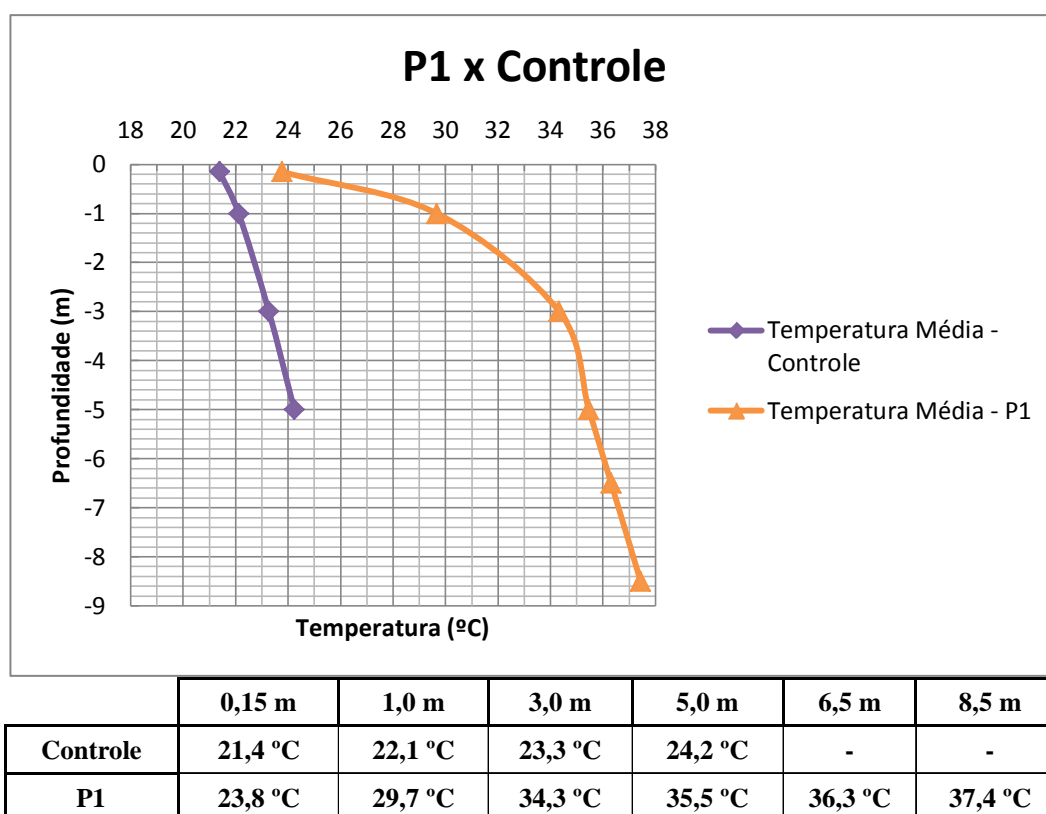


Figura 4 Variação da temperatura para diferentes profundidades nos pontos P1 (massa de resíduos) e “controle” (solo)

Com base na figura 4 observa-se temperaturas mais elevadas no ponto “P1” em relação ao ponto “controle”, atribuída à atividade biológica presente na massa de resíduos. Observa-se também um maior gradiente de temperatura nos primeiros 5,0 metros de profundidade (variação média de 2,46 °C/m), enquanto que para profundidades no intervalo de 5 e 8,5 m, o gradiente médio de temperatura foi de 0,53 °C/m aproximadamente, possivelmente associado a resíduos mais recentes na superfície e também a maior influência da temperatura ambiente.

Destaca-se que apesar de resíduos com tempo de disposição entre 6 e 10 anos, a atividade biológica esta presente, o que sinaliza para disponibilidade de substrato (matéria orgânica), e consequentemente produção de biogás. Dados da pesquisa realizada por Antonio & Castro (2012), mostraram que a porcentagem média de metano presente no gás coletado no dreno próximo ao ponto P1 foi de 54,8%, para o mesmo período de trabalho (maio a novembro de 2012).

As temperaturas observadas na pesquisa ficaram abaixo dos valores apresentados por Coumoules et al (1995) e Monteiro e Jucá (1999), possivelmente devido ao maior tempo de disposição dos resíduos no caso estudado, o que diminui a intensidade da atividade biológica, e consequentemente menor produção de calor. Outro aspecto que deve ser considerado é a menor profundidade investigada na presente pesquisa, quando comparada com a dos referidos autores.

Com a finalidade de avaliar a influencia da temperatura ambiente na massa de resíduos, as figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, a variação da temperatura dos resíduos no dia mais frio (19/07/2012) e no dia mais quente (19/09/2012).

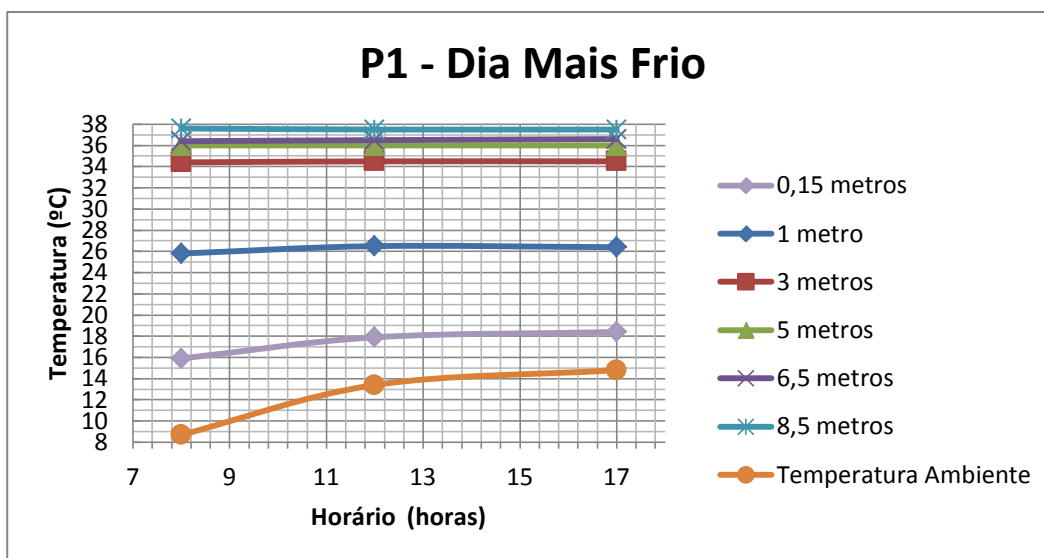


Figura 5 Variação diária da temperatura ambiente (dia mais frio do período) em relação à temperatura da massa de resíduos, para diferentes profundidades.

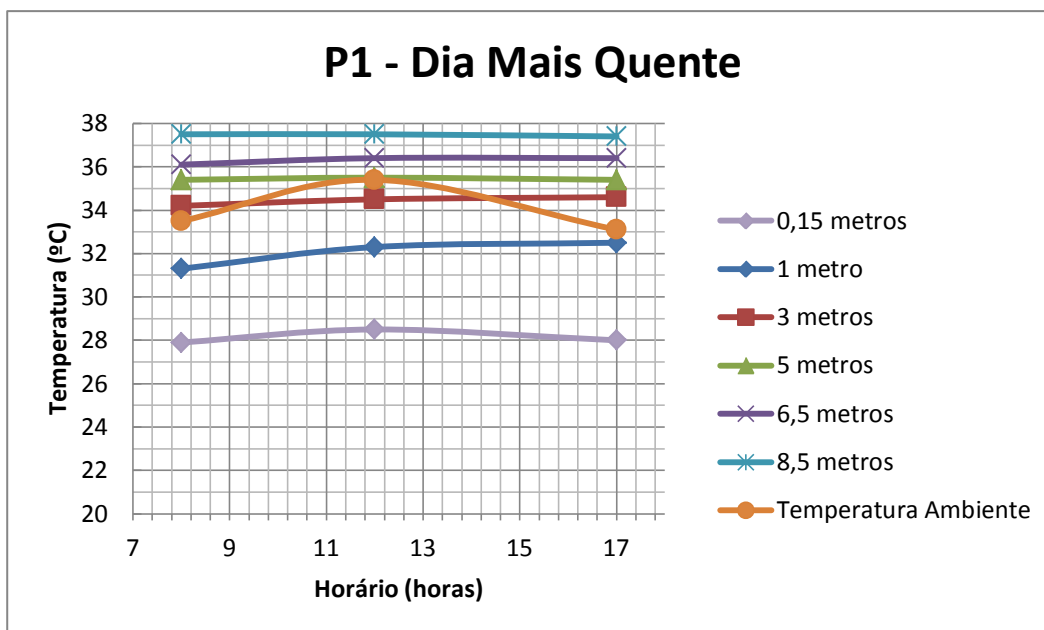


Figura 6 Variação diária da temperatura ambiente (dia mais quente do período) em relação à temperatura da massa de resíduos, para diferentes profundidades.

Com base nas figuras 5 e 6 pode-se concluir que nas profundidades acima de 3,0 metros, para as condições climáticas e operacionais do aterro, a variação da temperatura diária não tem pouca influência na temperatura dos resíduos. Observa-se que as temperaturas da massa de resíduos nas profundidades de 5,0; 6,5 e 8,0 metros permanecem constantes, independente da variação da temperatura ambiente, conforme apresenta a tabela 1. Tal fato pode estar associado à característica isolante da massa de resíduos.

Tabela 1 Temperaturas encontradas no dia mais quente e no dia mais frio

	Horário	Temperatura Ambiente (°C)	Profundidades (m)					
			0,15	1,0	3,0	5,0	6,5	8,5
Dia Mais Quente	Manhã	33,5	27,9 °C	31,1 °C	34,2 °C	35,4 °C	36,1 °C	37,5 °C
	Meio-dia	35,4	28,5 °C	32,3 °C	34,5 °C	35,5 °C	36,4 °C	37,5 °C
	Tarde	33,1	28,0 °C	32,5 °C	34,6 °C	35,4 °C	36,4 °C	37,4 °C
Dia Mais Frio	Manhã	8,7	15,9 °C	25,8 °C	34,4 °C	36,0 °C	36,4 °C	37,6 °C
	Meio-dia	13,4	17,9 °C	26,5 °C	34,5 °C	36,0 °C	36,5 °C	37,5 °C
	Tarde	14,8	18,4 °C	26,4 °C	34,5 °C	36,0 °C	36,6 °C	37,5 °C

O comportamento constante da temperatura em profundidades mais elevadas pode ser comprovado analisando-se a média e o desvio padrão da temperatura para todo o período analisado, em cada uma das profundidades, conforme apresentado na tabela 2

Tabela 2-Media das temperaturas para todo o período e desvio padrão

Profundidade	0,15 m	1,0 m	3,0 m	5,0 m	6,5 m	8,5 m
Temperatura média (°C)	23,68 °C	29,61 °C	34,33 °C	35,62 °C	36,32 °C	37,47 °C
Desvio padrão (°C)	3,59	2,23	0,54	0,27	0,22	0,09

A figura 7 apresenta os valores de temperatura do ponto P1 e a precipitação.

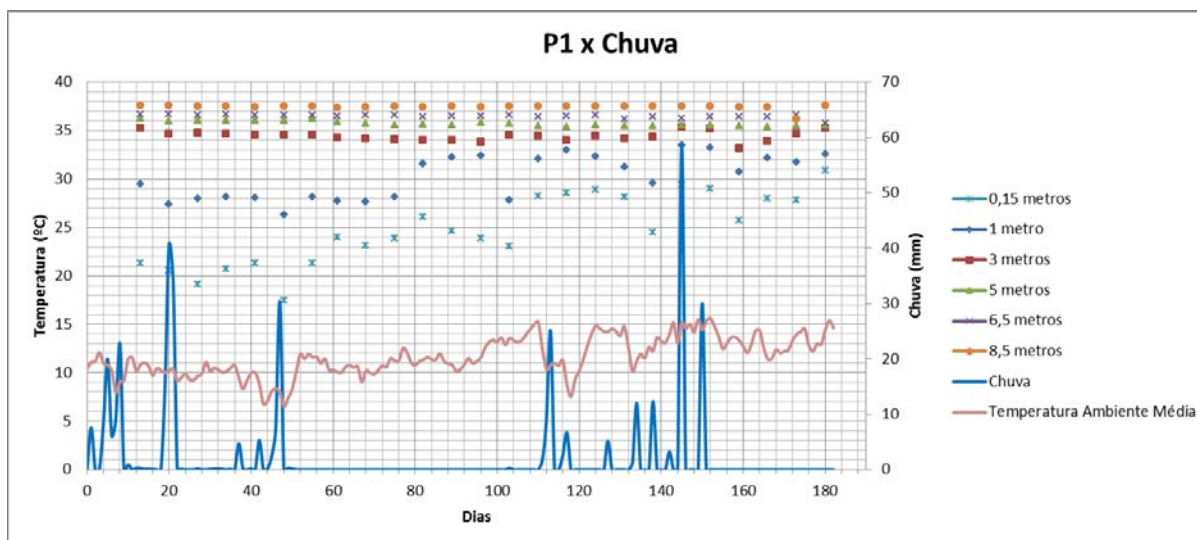


Figura 7: Variação da temperatura da massa de resíduos e precipitação pluviométrica

Por meio da análise da figura 7, observa-se que nos dias em que ocorreram as precipitações, a temperatura ambiente diminui e, conseqüentemente, interfere na temperatura dos resíduos localizados próximos a superfície (0,15; 1,0; e 3,0 m), dificultando uma análise específica da influência da precipitação na temperatura. Já nas profundidades acima de 5,0 m não foi observado, para o período analisado, a influência da precipitação na temperatura dos resíduos.

Entretanto, devem ser destacados dois pontos: o período pesquisado não coincidiu com a estação climática de maior precipitação, e que com a continuidade do monitoramento esta situação pode se alterar com a intensificação das chuvas. O outro ponto diz respeito a prática da recirculação do lixiviado na superfície do aterro, o que contribui para a manutenção da umidade na massa de resíduos, mesmo em períodos de estiagem.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados pode-se concluir que:

A temperatura da massa de resíduos aumentou com a profundidade, sendo o gradiente mais acentuado nos primeiros 5 metros;

Resíduos com tempo de disposição entre 6 e 10 anos apresentaram temperaturas próximas de 38,0°C, para profundidade de 8,5 metros;

A temperatura dos resíduos nas profundidades acima de 5,0 metros é mais estável, e não sofre influência das variações diárias da temperatura ambiente.

Para o estudo realizado, a precipitação exerceu pouca influência na temperatura dos resíduos.

AGRADECIMENTOS

FAPESP - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento. Projeto Regular Processo no. 2011/20081 e concessão de bolsa

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONIO, S. M., MARQUES, N. P., ZANATTA, B. G. D., CCASTRO, M. C. A. A. Avaliação da vazão e concentração do biogás no aterro sanitário de Rio Claro – SP. XXIV Congresso de Iniciação Científica da UNESP. Set. 2012.
2. CEAPLA - Centro de Estudos de Planejamento Ambiental-UNESP. Dados climatológicos. Dados climatológicos
3. COUMOULOS et al (1995). Geotechnical Investigation at the Main Landfill of Athens. Fifth International Landfill Symposium, 50., 1995, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy.
4. HANSON, J. L.; YESILLER, N.; OETTLE, N. K. Spatial and Temporal Temperature Distributions in Municipal Solid Waste Landfills. Journal of Environmental Engineering © ASCE, EUA, 804-814, ago. 2010.
5. MARQUES N. P., CASTRO, M. C. A. A., ZANATTA, B. G. D., ANTONIO, S. M., MOREIRA, C. A. Análise da biodegradabilidade do lixiviado gerado no aterro sanitário do município de Rio Claro – SP. XXIV Congresso de Iniciação Científica da UNESP. Set. 2012.
6. McBEAN, E.A.; ROVERS, F.A.; FARQUHAR, G.J. Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice Hall: 2005. p. 521.
7. MONTEIRO, V.E.D., JUCÁ, J.F.T. Gestão ambiental no processo de recuperação da área do aterro de resíduos sólidos de Muribeca. In: III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Recife, 1999.
8. YESILLER, N. ; HANSON, J. L.. Analysis of Temperatures at a Municipal Solid Waste Landfill. In: International Waste Management and Landfill Symposium, IX, 2003, Cagliari, Italy. CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre, Italy, p. 1-10.