MONITORAMENTO E INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE DO AR PARA MATERIAL PARTICULADO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO SANITÁRIO DE BELO HORIZONTE

Leonardo de Salles¹ & Danielle Piuzana²

RESUMO

A poluição atmosférica tem aumentado devido aos processos de industrialização e urbanização acelerada. A má qualidade do ar tem causado sérios problemas à saúde da população, ao meio ambiente e aos materiais. O monitoramento da qualidade do ar na área de influência do Aterro Sanitário de Belo Horizonte tem como objetivo determinar as concentrações de Partículas Inaláveis - PI e Partículas Totais em Suspensão (PTS) por meio de amostradores PM 10 e de Grande volume (AGV -Hi Vol) respectivamente, em dois pontos distintos escolhidos segundo a direção predominante dos ventos e pelo período de um ano. Os resultados do monitoramento indicam que no ponto I, na porção sudeste do empreendimento, tanto as concentrações de PI e PTS se mantiveram inferiores aos limites estabelecidos pelas leis brasileiras enquanto no ponto II, à noroeste do empreendimento as concentrações das partículas ultrapassaram os valores de referência de padrão primário por seis vezes no período das medições. Os dados excedentes foram obtidos no período de seca.

Palavras-chave: material particulado, emissões atmosféricas, qualidade do ar

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é considerada um dos tipos de poluição de extrema complexidade. Está relacionada ao crescimento humano e aos próprios avanços que a humanidade vem alcançando, quando se agruparam em locais chamados de centro urbanos. Nestes locais ocorrem as maiores emissões de gases e material particulado responsáveis pela denominada “poluição cega” e por isso, cada vez mais estudos da qualidade do ar vêm sendo desenvolvidos seja em grandes centros urbanos (CPRH, 1998), seja em empreendimentos considerados de grande potencial poluidor (Almeida, 1999; Jacomino *et al.* 2002). As principais fontes da poluição atmosférica são as indústrias e os inúmeros veículos automotivos que eliminam os principais gases poluidores, como o monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), óxido de nitrogênio (NO_x), material particulado (MP) dentre outros.

O material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. Sua composição depende das fontes de emissão. As partículas podem ser divididas em dois grupos: (1) Partículas Totais em Suspensão - PTS, possuem diâmetro maior que 10µm até 100 µm, oriundas da combustão descontrolada, movimentação do solo ou outros minerais da crosta terrestre. Estas partículas podem conter silício, titânio, alumínio, ferro, sódio, cloro além de pólenes, esporos e materiais orgânicos; (2) Partículas Inaláveis - PI, possuem menos que 10 µm de diâmetro, derivadas da

queima dos combustíveis usados nas indústrias e veículos automotores. Estas partículas podem ser formadas por carbono, chumbo, vanádio, bromo e os óxidos de enxofre e nitrogênio.

Este material particulado podem atingir as porções inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas, além de estarem relacionados com as alergias, asma e bronquite crônica, podendo causar também, irritação na garganta e ser responsável pela diminuição da resistência às infecções. As partículas com tamanhos menores que 2,5 µm em diâmetro causam severos danos à saúde e o material particulado diminui a visibilidade (CPRH, 1998). A presença de material particulado na atmosfera provoca o aumento da turbidez do ar, o que causa redução da visibilidade, além de provocar sujeira nas superfícies de casas e edifícios, móveis e objetos e, muitas vezes, sua erosão.

Este trabalho apresenta dados de monitoramento para determinação de concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI) por Amostradores de Grandes Volumes (AGV Hi-Vol) e PM10, respectivamente, no entorno do Aterro Sanitário de Belo Horizonte. A opção por este tema é justificada por se tratar de um depósito de lixo, cujo fluxo de veículos de carga e movimentação de solo é muito grande. Neste trabalho foram abordados os tipos de poluição atmosférica, os gases que a compõe e os possíveis males causados por cada um deles à saúde

1 – Centro Universitário Newton Paiva, Geografia e Meio Ambiente. E-mail: sallescastro@ig.com.br

2 – CPMTC - ICG - UFMG, Belo Horizonte. E-mail: dpiuzana@yahoo.com.br

humana. Os resultados obtidos no monitoramento, são comparados com a legislação vigente a fim de identificar o índice de contribuição de poluentes, e a partir destes, propor alternativas para a diminuição da poluição atmosférica.

LOCALIZAÇÃO E DADOS GERAIS DO ATERRO SANITÁRIO DE BELO HORIZONTE

A área estudada está localizada ao lado da BR-040, km 2, sentido Belo Horizonte - Brasília, na Regional Noroeste do município de Belo Horizonte (Figura 1), próximo ao limite com o Município de Contagem.

De acordo com as informações fornecidas pelo Sistema de Limpeza Urbana - SLU, o aterro sanitário possui uma área de 132 ha (ver Figura 2 e Figura 3), tendo iniciado operação em 1973. Na década de 80 houve surgimento de bairros no entorno do aterro, sendo os mais importantes: Dom Bosco, Califórnia, Pindorama, Filadélfia, Glória e Álvaro Camargos. O aterro caracterizava-se, até 1997, por 4 bacias de disposição de lixo. A partir de então houve a implantação do Projeto de Biorremediação cujo principal objetivo é aumentar a velocidade da degradação do lixo por meio de bactérias de alta resistência e com grande capacidade de transformação da celulose.

Todo o lixo coletado no município de Belo Horizonte é atualmente disposto no Aterro Sanitário da BR-040. Segundo Sousa *et al.* 2002, para o ano de 1994, o Município de Belo Horizonte contava com uma população residente, acrescida da flutuante, de 2.500.000

habitantes. Desse total, aproximadamente 85% da área era atendida pelo serviço de limpeza urbana. A produção média de lixo/dia era de 3.204,41 toneladas considerando os 92 dias do 4º trimestre de 1994. Atualmente a produção é superior a 4.300t/dia.

O aterro sanitário localiza-se a norte do Quadrilátero Ferrífero, na parte noroeste da região metropolitana de Belo Horizonte. Encontra-se inserido na porção sul do Cráton do São Francisco, onde as rochas possuem idades arqueana e paleoproterozóica. Tais rochas compõem o embasamento gnáissico-migmatítico na área do aterro é constituído por rochas graníticas e granodioríticas, com bandamento grosseiro e apresentando feições migmatíticas com estruturas nebulíticas, estromáticas, *schlieren*, etc segundo Brandalise (1999). O complexo gnáissico-migmatítico na região foi denominado por Noce (1995) de Complexo Belo Horizonte, sendo constituído por gnaisses cinzentos freqüentemente com um bandamento composicional, feições de migmatização e integrantes de uma suíte do tipo Tonalito Thondjemito Gnaiss (TTG) que engloba parte dos municípios de Ravena, Traíras, General Carneiro e a zona metropolitana de Belo Horizonte.

Toda a região apresenta espesso manto de alteração, tendo como rocha de origem gnaisses de composição desde granítica a tonalítica. Esta associação do tipo de rocha/manto de intemperismo condiciona uma fragilidade morfológica, onde qualquer intervenção antrópica deverá apresentar um planejamento direcionado aos diversos processos erosivos e suas

Figura 1 - Mapa do município de Belo Horizonte com a localização do Aterro Sanitário segundo Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Retirado de Sousa *et al.* 2002.

Figura 2 - Foto parcial do aterro sanitário vista do seu ponto mais alto.

consequências, fato este hoje observado no processo de recuperação da Lagoa da Pampulha. Quanto à hidrogeologia, a região é importante na manutenção hídrica das bacias Pampulha e Arrudas, pertencentes à Bacia Hidrográfica Estadual do Rio das Velhas. Os tipos de aquíferos relacionados às rochas do Complexo Belo Horizonte são essencialmente aquíferos fraturados por se tratarem de rochas cristalinas ou maciças, praticamente impermeáveis e não porosas. O acúmulo de água se dá ao longo da fraturas e/ou diáclases (Silva *et al.* 1995).

METODOLOGIA

Determinou-se, durante o período entre junho de 2003 a junho de 2004, a concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partícula Inaláveis (PI).

Para a realização das coletas foram utilizados Amostradores de Grandes Volumes – AGV do tipo Hi-Vol para a coleta de PTS e coletores de PI do tipo PM10. Além disso, foi utilizado um KIT de calibração do tipo CPV fabricado pela empresa Energética calibrado segundo DIAS (2001).

Tais equipamentos e calibrações foram realizados conforme as normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9547/97) e metodologias da US EPA – *United States Environment Protection Agency* - 40 CFR, Parte 50, Ap. B) aceitas por os órgãos de controle do País.

Para a instalação dos Amostradores PTS – Partículas Totais em Suspensão e PI – Partículas Inaláveis, foi considerada a direção predominante dos ventos, tendo como orientação as informações fornecidas pelo Instituto de Meteorologia – INMET – 5º Distrito de

Meteorologia de Belo Horizonte e sua correlação com a planta baixa da região. A predominância dos ventos na região é no sentido Sudeste / Noroeste.

Os pontos de amostragens foram previamente indicados conforme mapa de localização do Aterro Sanitário (figura 3) e posição predominante dos ventos. Os pontos de amostragem foram posicionados conforme a seguinte disposição:

- O Ponto I (figura 3) foram instalados os equipamentos Hi-Vol e PM10 à Sudeste, à montante do empreendimento, em relação à direção predominante dos ventos. Este ponto foi definido com objetivo de caracterizar a presença de PTS e PI na área de predominância residencial, em torno da Central de Tratamentos de Resíduos Sólidos - CTRS.

- O Ponto II (figura 3) foram instalados os equipamentos Hi-Vol e PM10 no quadrante Noroeste, à jusante do empreendimento, levando-se em consideração a posição predominante dos ventos. O Ponto II encontra-se em condições favoráveis a movimentação dos ventos, uma vez que se direcionam, após a passagem pelo aterro, à área residencial, podendo evidenciar os riscos de contaminação na área urbana após o empreendimento.

As coletas foram realizadas simultaneamente nos dois pontos de amostragens, a cada 06 (seis) dias, com duração de aproximadamente 24 (vinte e quatro) horas, buscando atender as condições mínimas definidas por norma de amostragem.

Para efeito de comparação e estudos dos resultados, foram adotados os limites descritos na Resolução CONAMA 03 de 28/06/90 e Deliberação Normativa COPAM 01 de 26/05/81.

Figura 3 - Levantamento Planialtimétrico Cadastral do Aterro Sanitário, contendo demarcação dos pontos de monitoramento (Ponto I e Ponto II). Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2002)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Monitoramento das Partículas Inaláveis - PI e Partículas totais em Suspensão PTS

A Tabela 1 apresenta o número de amostragem em cada ponto, valores mínimos e máximos para cada tipo de partículas e a média aritmética anual. Os dados completos de monitoramento das Partículas Inaláveis - PI e Partículas totais em Suspensão - PTS obtidos encontra-se nos Anexos 1 e 2 respectivamente. Em cada anexo encontram-se os dados dos pontos de amostragem I e II.

Considerando os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 no qual a Concentração Máxima Diária de Partículas Inaláveis - PI, permitida para um dia no ano é de **150 mg/m³**, verifica-se que o limite estabelecido não foi ultrapassado em nenhum dos pontos avaliados comparado aos valores avaliados no período 20 de Junho de 2003 a 08 de Junho de 2004. Já a Concentração Máxima Diária de Partículas Totais em Suspensão - PTS, permitida para um dia no ano que é de **240mg/m³**, comparado aos valores avaliados no período acima mencionado, verifica-se que o limite estabelecido foi ultrapassado em 01 (um) dia no PONTO I e em 06 (seis) dias no pontos PONTO II.

Tabela 1- Quadro Resumo do Monitoramento das Partículas Inaláveis - PI e Partículas totais em Suspensão - PTS

PI - Partículas Inaláveis

Ponto	Número de amostragens	Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{P}$)	Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{P}$)	MAA ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{P}$)	NE**
PONTO - I					
PONTO - II	55	9,85	124,12	44,47	00

*MMA - Média Aritmética Anual $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**NE - Número de vezes excedentes ao padrão primário $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ano/dia

PTS - Partículas Totais em Suspensão

Ponto	Número de amostragens	Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{P}$)	Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{P}$)	MGA ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{P}$)	NE**
PONTO - I	60	17,00	258,04	68,23	01
PONTO - II	54	23,72	443,28	83,08	06

*MGA - Média Geométrica Anual $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**NE - Número de vezes excedentes ao padrão primário $240 \text{ g}/\text{m}^3$

As Médias Aritméticas Anuais de Partículas Inaláveis - PI do período 20 de Junho de 2003 a 08 de Junho de 2004, encontram-se dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 através de concentração de Partículas Inaláveis - PI, para Padrão Primário de **$50\text{mg}/\text{m}^3$** , nos pontos avaliados. As Médias Geométricas Anuais de Partículas Totais em Suspensão - PTS encontram-se dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90 de concentração de Partículas Totais em Suspensão - PTS, para Padrão Primário de **$80 \text{ mg}/\text{m}^3$** , no PONTO I e acima do limite no PONTO II.

As figuras 4 a e b apresentam os resultados de médias anuais de PI e PTS apresentando ainda dados de médias de precipitação mensal (em mm).

Pela análise da Tabela 1 e Figura 4 a, b é possível perceber vários fatores de interação que permitiram relacionar parâmetros técnicos adquiridos no monitoramento com os dados meteorológicos fornecidos pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

- Quanto ao monitoramento das partículas inaláveis – PI tanto no Ponto I quanto no Ponto II, os valores medidos não ultrapassaram o limite estabelecido por lei para um (01) dia/ano no período entre junho de 2003 e junho de 2004. Por outro lado, o monitoramento das partículas totais em suspensão – PTS indicam que o Ponto I apresentou condição inadequada em 01 (um) dia de avaliação ficando acima do limite estabelecido

pela Resolução CONAMA 003/90, onde a concentração máxima diária de Partículas Totais em Suspensão - PTS, permitida para um dia no ano que é de $240 \text{ mg}/\text{m}^3$. O PONTO II apresentou 05 (cinco) dias de condições inadequadas e 01 (um) dia como má a Qualidade do Ar na região avaliada.

- As médias anuais de partículas totais em suspensão e inaláveis são fortemente influenciados pelos níveis de precipitação. Nos meses de estiagem (seca) o material particulado teve aumento considerável da concentração das partículas no ar, levando os resultados a uma alta expressiva ou regular e inadequada qualidade do ar em alguns casos. Quando as coletas do monitoramento ocorreram no período das chuvas, os resultados encontram-se abaixo ou dentro dos limites de boa qualidade do ar. Tais dados podem ser comprovados pela Figura 4 a, b e Anexos 1 e 2.

- Outro fator de grande relevância nos resultados foi a influência da direção de movimentação dos ventos. Segundo dados do INMET a movimentação predominante dos ventos ocorre no sentido Sudeste/Noroeste. Os valores de concentrações de PI e PTS medidos no PONTO I são inferiores àqueles medidos no PONTO II. Além de ter possibilitado a instalação mais adequada dos equipamentos de avaliação o monitoramento da direção dos ventos fornecido pelo INMET, permitiu determinar que a área de entorno ao aterro mais prejudicada pela dispersão

Figura 4 - Gráficos representativos dos resultados dos monitoramentos para PI(a) e PTS(b). O traço na vertical indica a separação do período chuvoso do período de estiagem.

das partículas, detectadas no monitoramento atmosférico é a região a noroeste do empreendimento.

- Por fim, a área de influência do Aterro Sanitário de Belo Horizonte contribui com o aumento do material particulado na atmosfera, pois os resultados obtidos à montante do aterro (Ponto I) foram expressivamente menores que aqueles obtidos no Ponto II, à jusante do aterro.

Os dados técnicos obtidos no monitoramento atualmente fazem parte dos históricos do Sistema de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, que os utilizou para a implantação das medidas mitigadoras já implantadas. A mesma atualmente mantém este controle em mais de cinco pontos utilizando os equipamentos Hi-Vol e PM 10. O controle da emissão de partículas é feito utilizando caminhões-pipa, que molham as vias de movimentação dentro do aterro, principalmente as vias próximas à

divisa entre o Aterro Sanitário e bairros do entorno sendo esta medida ampliada nos períodos de estiagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (5º DISTRITO DE METEOROLOGIA - 5º DISME - SEÇÃO DE OBSERVAÇÃO E METEOROLOGIA APLICADA – SEOMA) pelos dados de precipitação diária, velocidade dos ventos e direção dos ventos no período de monitoramento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, I. T. 1999. A Poluição Atmosférica por Material Particulado na Mineração a céu aberto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Universidade Federal de São Paulo, USP, São Paulo. 186 p.

PONTO I - PI (Partículas Inaláveis)							
COLETA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	MÉDIA
Jun/03	64,29	73,91					69,10
Jul/03	55,74	89,01	22,09	46,61	45,39		51,77
Ago/03	23,93	86,50	46,26	38,79	46,30		48,36
Set/03	44,96	30,99	30,55	35,83	131,81	46,96	53,52
Out/03	31,05	10,65	19,07	24,95	37,85		24,71
Nov/03	45,16	53,78	33,68	36,88	32,08		40,32
Dez/03	41,90	34,65	57,89	61,95	36,26		46,53
Jan/04	27,35	27,64	24,25	41,26	32,93		30,69
Fev/04	27,97	25,23	28,26	26,31	21,97		25,95
Mar/04	8,87	24,71	34,78	23,51	22,65		22,90
Abr/04	13,67	11,38	12,58	28,32	32,55		19,70
Mai/04	30,66	40,67	39,64	40,90	50,22		40,42
Jun/04	28,49	20,14					23,75
Média Aritmética Anual da Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Partículas Inaláveis							38,33

PONTO I – PTS (Partículas Totais em Suspensão)							
COLETA	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	MÉDIA
Jun/03	161,60	177,19					169,22
Jul/03	66,80	258,04	104,08	119,72	94,45		115,20
Ago/03	102,49	200,52	117,72	116,00	140,01		131,48
Set/03	52,88	139,33	120,30	197,16	183,83	129,34	126,79
Out/03	116,60	17,00	97,19	55,99	75,67		60,58
Nov/03	54,81	62,92	58,33	51,14	37,47		52,14
Dez/03	75,51	42,97	69,29	100,54	62,52		67,61
Jan/04	37,49	28,55	50,98	41,93	41,06		39,32
Fev/04	50,69	30,49	36,97	31,32	36,20		36,50
Mar/04	19,66	49,73	67,35	40,27	38,61		40,00
Abr/04	46,66	24,61	42,65	60,70	43,06		41,83
Mai/04	46,26	49,15	58,49	57,16	75,11		56,41
Jun/04	65,63	83,22					55,17
Média Geométrica Anual da Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Part. Totais em Suspensão							68,23