



CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DE CANTEIROS DE OBRAS NAS FASES DE CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA E CONCRETO ARMADO¹

MORAES, Rita J. B. de (1); COSTA, Dayana B. (2); ARAÚJO, Ingrid P. S. (3); JUNIOR, Jair L. S. (4); GOMES, Jaconias C. (5); BARBOSA, Danilo B. (6)

(1) UFBA, e-mail: ritacodesal@gmail.com; (2) UFBA, e-mail: dayanabcosta@ufba.br;
(3) UFBA, e-mail: Ingrid_psa@hotmail.com, (4) UFBA, e-mail: jairlsjr@yahoo.com.br; (5)
UFBA, e-mail: Jacó.carneiro@hotmail.com; (6) UFBA, e-mail: danilo.bastos.eng@gmail

RESUMO

Este estudo visou determinar a concentração de MP proveniente dos canteiros na fase de construção de estrutura de concreto armado e alvenaria, nas frações PTS (Partículas Totais em Suspensão) e MP10 (Material Particulado 10 μm) e seus elementos químicos, associando estes resultados às variáveis meteorológicas e às atividades construtivas. O estudo experimental foi desenvolvido em cinco canteiros de obra, ao longo de 11 dias de trabalho e um dia de obra parada (domingo), durante 8h diárias. Para coleta do MP foram utilizados amostradores MiniVols, para poeira sedimentável, os Sticky Pads, e para as variáveis meteorológicas, uma estação meteorológica. A variação da média da fração PTS, 8h, foi de 108 a 483 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e da fração MP10, 8h, foi de 46 a 214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O estudo contribuiu para entendimento sobre o comportamento do MP, na fase de estrutura e alvenaria, sua composição química, atividades construtivas que mais influenciaram na sua concentração, fatores que interferem nos resultados da coleta e formação de base de dados sobre os níveis de concentração do MP no setor da construção civil. Este artigo fornece um conjunto de dados para várias situações da obra, conduzindo para melhorar a metodologia de coleta de MP em canteiros de obra.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Material particulado. Impactos ambientais. Canteiros de obras. Construção civil.

ABSTRACT

This study aims to determine the concentration of particulate matter (PM) produced from construction sites focusing on concrete and masonry works in terms of the fractions of Total Suspended Particles (TSP) and PM 10 μm (PM10) and their chemical elements. The experimental study was conducted at five building construction sites over a period of 11 work days for 8 hours each day and one day when the sites were inoperative (on Sunday). MiniVols were used to collect the PM, Sticky Pads were used to collect settleable dust, and a portable meteorological station to determine the meteorological variables. The variation of the average for TSP fraction for 8 hours was between 108 and 483 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and for PM10 fraction for 8 hours was between 46 and 214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. This study contributes for a better understanding of the behavior and composition of PM at construction sites in that particular phase of construction activity, the meteorological variables and the construction activities

¹MORAES, Rita J. B. de; COSTA, Dayana B.; ARAÚJO, Ingrid P. S.; JUNIOR, Jair L. S.; GOMES, Jaconias C. ; BARBOSA, Danilo B. Concentração de material particulado proveniente de canteiros de obras nas fases de construção de alvenaria e concreto armado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

that most influence its concentration, and the factors that interfere with the results of the collection. This paper provides a valuable pool of knowledge for various real situations and cement a basis for improving the methodology of collecting particulate material on construction sites.

Key Words: *Atmospheric pollution, particulate matter, environmental impacts, construction sites, construction industry.*

1 INTRODUÇÃO

As atividades de construção causam desperdício de recursos, poluição ambiental, afetam as comunidades e até mesmo a saúde pública (USGBC, 2001; HOLTON et al., 2007; SEV, 2009). Um dos principais impactos ambientais causados pelas construções está relacionado à poluição atmosférica por emissão de material particulado (MP).

O MP é um conjunto de poluentes constituídos de material sólido ou líquido que se mantém suspenso na atmosfera (EPA, 1996; BAY AREA AIR QUALITY, 2012). Para se determinar a concentração de MP no ar são adotados os parâmetros de Partículas Totais em Suspensão (PTS), com diâmetro menor que 100 micra; Partículas Inaláveis (MP10), com diâmetro menor que 10 micra; bem como Partículas Inaláveis finas (MP2.5) (CETESB, 2004). O monitoramento dos parâmetros meteorológicos é imprescindível para a compreensão do comportamento dos poluentes atmosféricos (OWOADE et al., 2012, TECER et al., 2008).

A construção realiza operações e atividades diferentes, com tempo de duração e geração potencial de MP próprios, esperam-se emissões isoladas em qualquer local dentro de uma construção (MUÑOZ e PALACIOS, 2001). Os efeitos nocivos mais significativos dos canteiros de obra estão limitados ao próprio canteiro, incluindo danos ao funcionamento de máquinas e equipamentos, à saúde, à segurança, aos trabalhadores e à circunvizinhança, visto que a fração grossa do MP gerada tem velocidade de deposição maior, enquanto a fração fina viaja milhares de quilômetros (USEPA, 2004).

A legislação internacional adota valores padrões de qualidade do ar. Relativo aos padrões de MP10, a Organização Mundial de Saúde estabelece padrões de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (anual) e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas) (PACZYNA, 1995). No Reino Unido, a Environmental Protection (2010) estabelece padrões de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (anual) e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas). A legislação Norte Americana regida pelo Clean Air Act de 1990 estabelece padrões de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas), já o padrão anual foi revogado. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (1990) estabelece valores 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (anual) e 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas). Estabelece ainda critérios para episódios agudos da poluição do ar, que definem as providências a serem tomadas a partir da ocorrência destes níveis, tendo como objetivo evitar o atingimento do nível de emergência, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar para MP10 (Resolução Conama Nº 03 de 28/06/90)

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas Inaláveis (MP10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	≥ 250	≥ 420	≥ 500

Fonte: CETESB (2004)

As metas propostas pela OMS são mais restritivas que os padrões brasileiros e propõem padrões para MP2,5, que não são previstos atualmente na legislação nacional. O padrão brasileiro para o MP10 é de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média anual), quando o ideal segundo a OMS é de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$; e para concentração de 24 horas o padrão nacional é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto que o estabelecido pela organização é de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os valores estabelecidos para concentrações de massa do MP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas regulamentações não levam em conta fontes, como o canteiro de obras, e suas composições químicas. Neste sentido, este estudo objetiva determinar a concentração de MP proveniente dos canteiros de obras na fase de construção relativa à estrutura de concreto armado e alvenaria nas frações PTS e MP10, e os seus elementos químicos, associando às variáveis meteorológicas, às atividades construtivas e a taxa de poeira sedimentável, além de avaliar comparativamente as concentrações de MP obtidas nos canteiros com o estudo realizado por Araújo, Costa e Moraes (2014) e a correlação entre os dois métodos de coleta adotados, MiniVols e Sticky Pad. Esta pesquisa seguiu o protocolo de medição para coleta do MP estabelecido em Resende *et al.* (2013) e validado por Araújo (2014) e Araújo, Costa e Moraes (2014).

2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o experimento de campo, manipulando de forma direta as variáveis.

2.1 Equipamentos utilizados

Para o monitoramento do MP no canteiro de obras foram utilizados amostradores MiniVols com impactador projetado para diâmetros de PTS e $10 \mu\text{m}$ (Airmetrics 2011). O critério adotado para amostragem foi o de ponto fixo. Foram utilizados filtros de membrana de polycarbonato da Whatman para o MP10 e de Teflon da Millipore para PTS, os Sticky pads para avaliar a poeira sedimentável e a estação meteorológica DAVIS Vantage VUE para monitoramento das condições climáticas.

2.2 Seleção dos canteiros de obra

O estudo foi realizado em quatro canteiros de obras que não utilizaram as boas práticas para minimização da emissão do MP, localizados na cidade de Salvador-BA e comparado com o estudo de Araújo (2014), desenvolvido

em um canteiro que adotou as boas práticas, canteiro 5, que utilizou a mesma metodologia em três fases distintas da obra (movimentação de terra, obra bruta e acabamento). Na fase de obra bruta, foram obtidas as maiores concentrações, por isso, no estudo atual foi dada continuidade às medições nesta fase (Tabela 2).

Tabela 2 – Características dos Canteiros de Obras

Canteiro	Tipo de canteiro	Escopo da Obra pavimentos	Área do terreno(m²)	Coordenadas
1	Residencial	20	2.300	12°59'05,4"S 38°28'08,0"W
2	Comercial	40, sendo 10 de garagem	3.230	12°59'14,1"S 38°26'54,6"W
3	Residencial	22	937	12° 59' 16,7"S 38° 27' 17,5"W
4	Residencial	19, sendo 3 de garagem e 1 térreo	701,5	13° 00' 10,0"S 38° 27' 46,1"W
5	Residencial	8 torres com 16 pavimentos cada	32.780	12° 57' 46"S 38° 24' 32"W

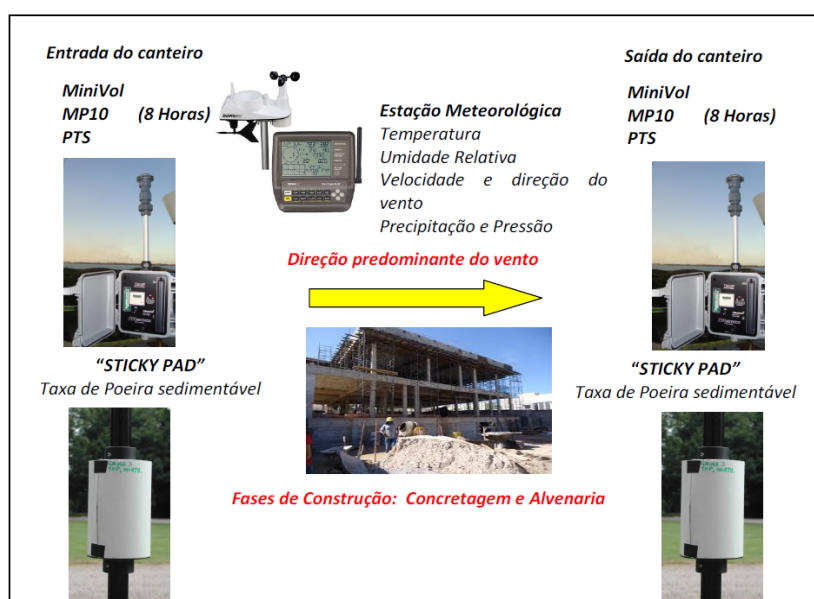
Fonte: Própria

2.3 Estudos Experimentais de Campo

A primeira etapa da coleta de dados nos canteiros visou determinar a direção predominante do vento, pelo menos 8 dias consecutivos. A segunda etapa da coleta visou medir a concentração de MP na fase de estrutura de concreto armado e alvenaria.

Na segunda etapa foram observados importantes requisitos na instalação dos equipamentos, tais como: barreiras físicas, topografia do terreno e contribuição do entorno. Para coleta, foram instalados dois pares de MiniVols (PTS e MP10), um na entrada e outro na saída do canteiro à uma altura entre 2,5-3,0 metros do solo, seguindo a direção predominante do vento (Figura 1).

Figura 1 – Medição do MP no canteiro de obras



Fonte: Própria

As medições ocorreram durante 8 horas diárias, por no mínimo 11 dias em cada canteiro, sendo um dia sem atividades (domingo). Ao longo das medições foram coletadas informações sobre as atividades de construção por meio de diário de campo. Simultaneamente às medições com os MiniVols, foram instaladas no mínimo 4 Sticky Pads próximos aos amostradores, na entrada e saída do canteiro(Tabela 3).

Tabela 3 – Características da Coleta de Dados

Canteiro	Determinação da direção do vento	Direção do vento adotada	Períodos da Medição do MP	Distância entre os aparelhos (m)
1	08/05-22/05/2014	W(70,11%)	11/07-03/08/2014	20,81
2	22/10-29//10/2014	NW(46,09%)	03/11-21/11/2014	53,00
3	10/01-17/01/2015	NNE(49,22%)	23/01-12/02/2015	29,00
4	26/02-05/03/2015	E(53,13%)	26/03-16/04/2015	20,03
5	15/07-19/07/2013	SE(65,95%)	07/01-17/01/2014	*

*Canteiro5 apresentava32.780m², logo não houve a medição das distâncias entre aparelhos.

Fonte: Própria

2.4 Análise das Amostras

A análise física foi realizada através da balança analítica Mettler Toledo do LAPAT (Laboratório de Análise dos Processos Atmosféricos) / IAG (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas)/USP (Universidade de São Paulo), utilizada, a fim de obter a massa do filtro amostrado e a gravimetria. Os resultados obtidos foram convertidos em concentrações pelo programa WinQXAS (Windows Quantitative X-rayAnalysis System).

A análise química foi realizada pelo aparelho de fluorescência de raios X, o modelo de EDX 700 SH "Energy Dispersive X-Ray Spectrometer", do LAPAT.

A análise da taxa de sedimentação, através da leitura dos Sticky Pads,

identificou o percentual da área efetiva coberta (EAC) por dia (HANBY, 2014).

Tabela 4 - Percentual da área efetiva coberta por dia

%EAC/dia	Resposta
0.2	Perceptível
0.5	Possíveis queixas
0.7	Censurável
2.0	Queixas prováveis
5.0	Queixas graves

Fonte: HANBY (2014)

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este item apresenta a análise dos resultados obtidos nos canteiros estudados e os resultados obtidos por Araújo (2014) apenas na fase de obra bruta e para as frações PTS e MP10.

3.1 Fatores Meteorológicos que influenciam a emissão de MP nos canteiros

Analisando as Tabelas 5, 6, 7 e 8 nota-se que nos dias de concentrações máximas houve coincidência das direções do vento adotada no estudo como predominante, e durante o período da coleta, houve pouca variação de temperatura (22,5°-45°), com nenhum ou registros muito baixos de precipitações. Nos dias de concentração mínima, houve uma maior variação entre as direções do vento e da temperatura (22,5° e 90°) durante o período de coleta. Quando havia uma coincidência dessas direções, houve também alta pluviosidade registrada. Para umidade, nota-se que os maiores valores registrados correspondem a concentrações mínimas, enquanto os valores mínimos registrados correspondem a concentrações máximas.

Tabela 5 – Estatística descritiva das concentrações de PTS em $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Estatística Descritiva	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de variação
Entrada-1	344,18	465,12	486,01	583,52	89,88	19,32%
Saída-1	339,87	445,51	444,40	534,27	52,54	11,79%
Entrada-2	59,92	123,14	119,67	207,42	41,37	33,60%
Saída-2	138,00	197,30	188,03	284,25	51,76	26,23%
Entrada-3	77,08	145,64	143,75	194,44	34,76	23,87%
Saída-3	82,20	136,18	135,19	218,30	38,43	28,22%
Entrada-4	48,32	107,99	96,64	159,10	33,19	30,74%
Saída-4	119,55	187,32	161,74	321,16	63,81	34,07%
Entrada-5	222,33	287,47	275,11	327,88	37,65	13,10%
Saída-5	307,65	483,12	485,60	664,19	119,17	25%

Fonte: Própria

Tabela 6 - Variáveis meteorológicas dos pontos máximos e mínimos de concentração de PTS

Concentração Mínima PTS	Data	Umidade (%)	Pluviometria (mm)	Velocidade do vento (m/s)	Direção do vento	Direção Predominante do vento
Entrada-1	22/07/2014	86,9	2,54	0,8	WSW (100%)	W
Saída-1	31/07/2014	89,9	8,08	0,6	W (100%)	W
Entrada-2	14/11/2014	78,5	0,25	1,7	ESE (50%)	ESSE
Saída-2	21/11/2014	80,8	0,00	1,2	ESE (56%)	ESSE
Entrada-3	30/01/2015	73,0	0,00	1,5	NNE (67%)	NNE
Saída-3	30/01/2015	73,0	0,00	1,5	NNE (67%)	NNE
Entrada-4	15/04/2015	82,0	0,20	1,2	NE (50%)	E (0%)
Saída-4	08/04/2015	89,0	7,20	2,6	S (63%)	E (0%)
Entrada-5	17/01/2014	86,0	1,80	1,1	SSW e SW (22%)	SE
Saída-5	09/01/2014	82,0	0,20	0,9	NNE e NW (22%)	SE
Concentração Máxima PTS						
Entrada-1	01/08/2015	76,7	10,64	1,5	W (100%)	W
Saída-1	30/07/2015	78,4	5,52	0,9	W (100%)	W
Entrada-2	10/11/2014	73,0	0,00	1,8	NW (31%)	NW
Saída-2	11/11/2014	80,4	0,51	1,2	ESE (44%)	NW (31%)
Entrada-3	06/02/2015	70,8	0,00	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Saída-3	06/02/2015	70,8	0,00	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Entrada-4	30/03/2015	70,0	0,00	1,2	SSE (37%)	E (0%)
Saída-4	30/03/2015	70,0	0,00	1,2	SSE (37%)	E (0%)
Entrada-5	15/01/2014	83,0	1,80	1,5	E (66,7%)	SE
Saída-5	13/01/2014	78,0	0,00	1,4	E e ESE (33,33%)	SE

Fonte: Própria

Tabela 7 – Estatística descritiva das concentrações de MP10 em $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Estatística Descritiva	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Entrada-1	80,57	170,54	155,71	264,13	57,16	33,52%
Saída-1	66,25	167,33	150,86	313,87	91,18	54,49%
Entrada-2	40,95	55,19	54,83	66,77	8,28	15,01%
Saída-2	40,17	62,64	62,82	80,84	13,99	22,33%
Entrada-3	24,91	47,69	47,55	72,92	14,73	30,89%
Saída-3	37,96	45,90	45,02	55,79	4,81	10,48%
Entrada-4	32,68	46,43	45,39	60,61	8,85	19,06%
Saída-4	36,41	59,34	53,93	92,09	16,80	28,30%
Entrada-5	60,74	89,31	88,97	108,01	16,00	17,91%
Saída-5	138,28	213,94	215,37	270,70	50,88	24%

Fonte: Própria

Tabela 8 - Variáveis meteorológicas dos pontos máximos e mínimos de concentração de MP10

Concentrações Mínimas MP10	Data	Umidade (%)	Pluviometria (mm)	Velocidade do Vento (m/s)	Direção do Vento	Direção Predominante do Vento
Entrada-1	01/08/2014	76,7	10,64	1,5	W (100%)	W
Saída-1	29/07/2014	73,3	2,96	1,4	W (100%)	W
Entrada-2	21/11/2014	84,5	0,50	0,8	ESE (56%)	NW (25%)
Saída-2	21/11/2014	84,5	0,50	0,8	ESE (56%)	NW (25%)
Entrada-3	29/01/2015	67,7	0,00	1,6	NNE (69%)	NNE
Saída-3	09/02/2015	71,6	0,00	1,7	NNE (56%)	NNE
Entrada-4	26/03/2015	84,00	1,10	1,4	SSW (50%)	E (0%)
Saída-4	26/03/2015	84,00	1,10	1,4	SSW (50%)	E (0%)
Entrada-5	08/01/2014	80,00	0,00	1,8	S	SE
Saída-5	15/01/2014	83,00	1,80	1,5	E	SE
Concentrações Máximas MP10						
Entrada-1	28/07/2014	81,4	5,2	0,7	W (100%)	W
Saída-1	28/07/2014	81,4	5,2	0,7	W (100%)	W
Entrada-2	10/11/2014	75,0	0,0	1,4	E (31%)	NW (31%)
Saída-2	11/11/2014	75,0	0,0	1,3	ESE (44%)	NW (31%)
Entrada-3	06/02/2015	72,9	0,0	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Saída-3	06/02/2015	72,9	0,0	1,2	ENE (31%)	NNE (6%)
Entrada-4	30/03/2015	70,0	0,0	1,2	SSE (37%)	E (0%)
Saída-4	07/04/2015	69,0	0,0	1,3	N (37%)	E (0%)
Entrada-5	13/01/2014	78,0	0,0	1,4	E e ESE (33,33%)	SE
Saída-5	16/01/2014	73,0	0,0	1,0	SE e SSE (33,33%)	SE

Fonte: Própria

Atividades de construção que influenciam a emissão de MP

Neste estudo, bem como no de Araújo, Costa e Moraes (2014), não foi possível determinar atividade específica que contribuísse com a variação da concentração de MP nos canteiros. Analisando os dados das Tabelas 5, 7 e 9 nota-se que nos dias em que foram obtidas as concentrações máximas, houve uma predominância da atividade concretagem (canteiros 2, 3 e 4). Nos demais canteiros (1 e 5), mesmo que não fosse especificamente a concretagem, houve sobreposição de atividades construtivas, incluindo atividades que envolveram o cimento. Para os dias de concentração mínima também houve sobreposição de atividades, inclusive a concretagem (canteiros 2 e 4).

Tabela 9 - Resumo das atividades construtivas e métodos de controle de poeira

Canteiro	Atividade Construtiva		Método de Controle de Poeira
	Pontos de Concentração Mínima	Pontos de Concentração Máxima	
1	Produção de Argamassa Elevação de Alvenaria	Produção de Argamassa Elevação de Alvenaria Reboco	Nenhum
2	Concretagem Desforma	Concretagem	Nenhum
3	Elevação de Alvenaria	Elevação de Alvenaria Concretagem	Nenhum
4	Elevação de Alvenaria Concretagem Montagem de Armadura e Forma	Elevação de Alvenaria Concretagem Montagem de Armadura e Forma	Nenhum
5	Tratamento de Concreto Elevação de Alvenaria Marcação de alvenaria Execução de Contra-piso; Nivelamento do piso e cimentado Massa de Argamassa ; Lavagem dos Pilares / Vigas		Aspersão de água na movimentação de veículos

***Utilização de argamassa rodada em obra e industrializada e predominância de concreto industrializado em todas as obras.**

Fonte: Própria

Analisando a Tabela 10, observou-se que houve a participação do NaCl na composição química da fração MP10 devido a localização dos canteiros em áreas próximas a Orla. Houve também maior participação dos elementos químicos (em porcentagem de massa) Si, Ca, Fe, Al, S e K constituintes dos materiais de construção. Esta análise comprova a contribuição do canteiro e o resultado corrobora com os estudos de Chow (1995) e Chow et al. (2004).

Tabela 10 - Percentuais dos Elementos Químicos nas amostras de MP10

Canteiro	Na	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe	Outros
Entrada-1	13,9	0,7	4,2	8,9	59,1	1,4	8,7	1,8	1,3
Saída-1	8,1	1,6	8,2	7,8	40,2	1,9	27,0	3,6	1,6
Entrada-2	15,0	1,2	5,7	6,5	59,25	1,54	7,13	2,73	0,9
Saída-2	12,4	3,4	8,1	6,6	52,74	1,50	10,18	4,30	0,9
Entrada-3	7,8	2,7	18,0	5,6	33,9	2,3	24,7	3,6	1,4
Saída-3	12,4	2,1	14,8	5,6	36,4	2,0	22,4	3,0	1,4
Entrada-4	12,1	2,8	8,4	5,9	47,2	1,8	13,5	5,7	2,6
Saída-4	9,3	3,6	14,4	4,9	34,2	2,2	21,9	7,0	2,5
Entrada-5	1,9	3,7	14,7	4,9	38,5	3,1	23,1	8,3	1,8
Saída-5	0,7	5,9	20,9	3,1	17,5	3,2	30,9	15,5	2,3

Fonte: Própria

Relação entre os resultados obtidos com o uso dos amostradores MiniVols e dos Sticky Pads

A relação entre os valores de concentração obtidos utilizando os amostradores e as leituras dos Sticky Pads não foi verificada (Tabela 11). No canteiro 5 não foi realizada esta análise.

Tabela 11 – Mínimo e Máximo das leituras dos Sticky Pads - EAC

STICKY PADS	Data	% EAC/Dia	Resposta
Mínimo			
Entrada-1	11/07/14	1,0	Censurável
Saída-1	-	-	-
Entrada-2	04/11/14	1,0	Censurável
Saída-2	04/11/14	0,7	Censurável
Entrada-3	06/02/15	0,5	Possíveis Queixas
Saída-3	06/02/15	0,5	Possíveis Queixas
Entrada-4	12/04/15	0,5	Possíveis Queixas
Saída-4	01/04/15	1,0	Censurável
Máximo			
Entrada-1	30/07/14	9,0	Queixas Graves
Saída-1	-	-	-
Entrada-2	14/11/14	20,0	Queixas Graves
Saída-2	14/11/14	15,0	Queixas Graves
Entrada-3	05/02/15	5,5	Queixas Graves
Saída-3	03/02/15	4,5	Possíveis Queixas
Entrada-4	08/04/15	29,5	Possíveis Queixas
Saída-4	30/03/20	4,0	Possíveis Queixas

Fonte: Própria

Relação entre os níveis de emissão de MP gerados nos diferentes canteiros

As Tabelas 5 e 7 mostram que a fração PTS foi menos homogênea. Os resultados médios da fração variaram de 108–483 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A fração PTS apresentou concentrações máximas principalmente na saída do canteiro. A fração MP10 foi mais homogênea. Os resultados médios da fração MP10 variaram de 46–214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os valores máximos também foram obtidos na saída do canteiro. A variação entre os valores médios de concentração de MP10 em relação à fração PTS foi de 31–45%.

Analisando os resultados apresentados pelos diferentes canteiros, nota-se que não há um padrão no comportamento do MP gerado que possa ser definido. Além da variabilidade meteorológica, outros fatores podem ter influenciado nos resultados obtidos, como o posicionamento dos equipamentos com relação às torres em construção, a proximidade dos pontos de coleta e ainda o pavimento em que estavam sendo desenvolvida a maioria das atividades construtivas. Analisando a variação da fração média do PTS 8 horas (108-483 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), existiram alguns canteiros de obra que excederam o valor padrão do CONAMA (1990) de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante 24 horas. O mesmo ocorreu com a variação da fração média do MP10 durante 8 horas (46-214 $\mu\text{g} / \text{m}^3$), por vezes superior ao do padrão estabelecido por CONAMA (1990) de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e, muitas vezes da OMS (2006) padrão de 50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$.

4 CONCLUSÕES

A principal contribuição deste estudo foi uma melhor compreensão do comportamento do MP em canteiros de obra. Além disso, contribui para elaboração de futuras bases de dados sobre a concentração de MP na

construção civil, coletados a partir de uma metodologia desenvolvida e validada para o contexto de canteiros de obras de edificações verticais.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Cantechis (Tecnologias para Canteiros de Obras Sustentáveis em Empreendimentos de Habitação de Interesse Social), do Ministério das Ciências, Tecnologia e Inovação, através do FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e do Ministério da Educação, CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro e ao LAPAT/IAG/USP e CETESB.

REFERÊNCIAS

AIRMETRICS. **Minivol Operation Manual**. Eugene, OR, United States, 2011. Disponível em: <<http://www.airmetrics.com>>. Acesso em: 11 mai. 2015.

ARAUJO, I.P.S. **Metodologia para Avaliação e Redução de Impactos Ambientais causados pela emissão de material particulado de canteiros de obras habitacionais com foco no impacto à vizinhança da obra**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica de Salvador–Ba, 2014.

ARAUJO, I.P.S.; COSTA, D.B.; MORAES, R.J.B. **Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations at Construction Jobsites**. Sustainability (Basel), v.6, p. 7666-7688, 2014.

ARAUJO, I. P. S. ; DE, MORAES, R. J. B. ; COSTA, D. B. **Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations on Construction**. Site.In: ZEMCH, 2014, LONDRINA. ZEMCH 2014 International Conference, 2014, 2014. v. 1.

BAY AREA AIR QUALITY. **Vision for Clean Air: A Framework for Air Quality and Climate Planning**. PublicReview Draft. California, USA. 2012.

CETESB COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório da qualidade do ar de São Paulo**. 2004. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

CHOW, J. C.; WATSON, J. G.; KUHNS, H.; ETYEMEZHIAN, V.; LOWENTHAL, D. H.; CROW, D.; KOHL, S. D.; ENGELBRECHT, J. P.; GREEN, M. C. **Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the Big Bend Regional Aerosol Visibility and Observational study**. Chemosphere, v. 54, p. 185-208, 2004.

CHOW, J. C. **Measurement Methods to Determine Compliance with Ambient Air Quality Standards for Suspended Particles**. Journal of the Air & Waste Management Association, v. 45, p. 320-382, 1995.

CONAMA CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama nº003**. 1990. Disponível em: <www.mma.conama.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2015.

ENVIRONMENTAL PROTECTION. **The Air Quality Standards**

Regulations.2010.Disponível em: <<http://www.legislation.gov.uk/uksi/2010/1001/pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2014.

EPA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY .**Air Quality Criteria for Particulate Matter.***Volume I of III* (Vol. I). Washington DC, 1996.

_____.**Clean Air Act. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).** Disponível em:<<http://www.epa.gov/air/criteria>>. Acesso em: 01 dez. 2014.

HANBY. **Airborne Dust Monitoring Equipment.**2014.Disponível em: <<http://www.hanby.co.uk>>. Acesso em: 04 jul. 2015.

HOLTON, I.; GLASS, I.; PRICE, A. **Developing a successful sector sustainability strategy: six lessons from the UK construction products industry.** Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Vol.15, No. 1, pp. 29–42, 2007.

MUÑOZ, I.S.C.; PALACIOS, J.C.M. **Gestión en el control de emisiones difusas en la actividad de la construcción.** Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería. Santiago. 2001.

OMS ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.**Calidad de la salud.** 2006. Disponível em: <<http://www.who.int>>. Acesso em 28 mar. 2014.

OWOADE O.K.; OLISE F.S.; OGUNDELE L.T.; FAWOLE O.G. **Correlation between particulate matter concentrations and meteorological parameters at a site in Ile-Ife, Nigeria.** Ife Journal of Science vol. 14, no. 1. Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, 2012.

PACYNA, J.M. **The origin of Arctic air pollutants:** lessons learned and future research. Science of the Total Environment, v.160-161, p.39-53, 1995.

RESENDE, F.; CARDOSO, F.F.; COSTA, D.B.; MELO, A.; ARAÚJO, I.P.S.; MORAES, R.J.B.; PORFIRO, A.**Metodologia para medição da concentração de material particulado em canteiros de obra.** Proc. 8º Simposio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Salvador, Brasil. 2013.

SEV, A. **How can the construction industry contribute to sustainable development?** A conceptual framework. Sustainable Development, Vol. 7, No. 3, pp 161–173. 2009.

TECER, L. H. et al. **Effect of Meteorological Parameters on Fine and Coarse Particulate Matter Mass Concentration in a Coal-Mining Area in Zonguldak, Turkey,** Journal of the Air & Waste Management Association, 58:4, 543-552. 2008.

USEPA UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Air Quality Criteria for Particulate Matter.**EPA/600/P-99/002aF. 900p. 2004.

USGBC U.S. GREEN BUILDING COUNCIL.**Leadership in Energy and Environmental Design—Rating System Version 2.0.**U.S. Green Building Council. 2001.