

ADOLPHO GUIDO DE ARAÚJO

MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES

ADOLPHO GUIDO DE ARAÚJO

MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Pósgraduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Stela Paulino Fucale

ADOLPHO GUIDO DE ARAÚJO

MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão
Universidade de Pernambuco

Co-orientador:

Prof^a. Dr^a. Stela Fucale Sukar Universidade de Pernambuco

Examinadores

Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso Universidade de São Paulo

acord arche

Prof. Dr. Antônio Hélder Parente Instituto Tecnológico de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani Universidade de Pernambuco

Recife, PE 2011

DEDICATÓRIA

Ao meu filho, Adolpho Cauê Dutra Guido de Araújo, minha maior motivação para lutar, superar obstáculos e buscar a vitória sempre.

Ao meu pai, Carlos Alberto de Araújo (*in memorian*), sempre presente espiritualmente em todas as etapas da minha vida.

À minha mãe, Glória Ruth de Araújo, pelo amor incondicional e pelo apoio em todos os momentos; e aos meus irmãos, Carlos e Jéssica, pelos exemplos de amor e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Ao professor, Dr. Alexandre Duarte Gusmão, pela valiosa orientação; por ter tornado esta pesquisa possível ao proporcionar amplo acesso às grandes obras de fundações, em execução, no Estado de Pernambuco; pelo exemplo de dedicação ao desenvolvimento da engenharia e por demonstrar, através da sua rica bagagem profissional, ser possível, sim, a prática da engenharia de campo agregada a estudos acadêmicos de altíssima contribuição intelectual.

Também em especial, agradeço a minha co-orientadora professora, Dra. Stela Paulino Fucale pelas belas orientações, ricas em detalhes e bastantes significativas na melhoria do conteúdo da pesquisa.

Ao professor, Dr. Joaquim Teodoro Romão de Oliveira, por semear, em mim, o interesse pela pesquisa, ainda na graduação, orientando meu primeiro trabalho científico como bolsista do projeto de iniciação científica (PIBIC).

À Dra. Maria Cândida P. F. da Costa, Gerente do laboratório, da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH, pelo exemplar profissionalismo, receptividade e gentileza ao ceder o uso do Amostrador de Grande Volume – AGV, daquela respeitada instituição, possibilitando a realização dos estudos da qualidade do ar.

À Química Industrial Mayelbe Brandão Barboza, Consultora Autônoma em qualidade do ar, pela valiosa ajuda na elaboração dos cálculos de calibração e amostragem dos resultados da qualidade do ar, dos filtros analisados.

Ao professor Dr. Antônio Hélder Parente, Gerente do LABTAM (Laboratório de Tecnologia Ambiental) do ITEP- por disponibilizar a estrutura do referido laboratório, proporcionando a preparação e análise dos filtros utilizados na amostragem, além de contribuir na pesquisa de qualidade do ar, com sua experiência profissional adquirida enquanto funcionário da CPRH.

Ao amigo e Engenheiro Civil Frederico Cavalcanti Moura Gonçalves que me ajudou, colocando a disposição da pesquisa todas as suas obras, materiais e escritório, conseguindo

enxergar a importância dos estudos científicos na sustentabilidade do desenvolvimento da engenharia construtiva, através das suas empresas Torque Construções e Colorado Empreendimentos. Agradecimento este, extensivo a todos os integrantes das empresas mencionadas.

Aos amigos do PEC e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, para a execução deste trabalho.



RESUMO

A presente pesquisa identificou e quantificou os impactos ambientais gerados pelos agentes físicos advindos da execução de obra de construção civil, na fase das fundações, especialmente no entorno do empreendimento. Esses impactos proporcionam incômodos aos vizinhos dentro da malha urbana. Foram estudadas as propagações dos ruídos em bairros densamente povoados e, posteriormente, os materiais particulados, verificando suas concentrações e seus efeitos no ambiente urbano. No desenvolvimento, desta pesquisa inédita no Brasil, realizou-se um levantamento de referência, em seguida, medições de ruídos em quatro obras de fundações profundas e também uma campanha de amostragem da emissão de Partículas Totais em Suspensão em mais outras quatro obras de fundações. Verificou-se as propagações, desses ruídos, no entorno da construção, durante a execução da fase de fundação, e seus impactos no meio ambiente; analisou-se os resultados das medições, modelou-se os indicadores dos impactos com a distância à obra e realizou-se discussões dos resultados. As identificações dos impactos urbanos dos ruídos e materiais particulados, as medições e verificação das propagações no entorno da construção, constituem importantes subsídios para formulação de uma legislação disciplinadora dos indicadores, desses impactos, durante a fase da execução das fundações nas áreas urbanizadas. Os resultados apresentam níveis elevados de ruídos nas diversas estacas, quais sejam: estacas pré moldada de 95,7dB; estacas hélice contínua de 85,7dB; estacas de melhoramento tradicional de 107dB e estacas de melhoramento vibrada de 97,7dB, infringindo a Lei(municipal) nº16.243/96, Código de Meio Ambiente do Recife, que limita o ruído máximo em 70 dB. A emissão de Partículas Totais em Suspensão, nas estacas, atingiram as seguintes concentrações: estaca pré moldada de 55,81μg/m³, estaca hélice contínua de 93,19 μg/m³, estaca de melhoramento em argamassa de 7,02 µg/m³ e estaca de melhoramento vibrada de 86,7 µg/m³, atendendo, portanto, a Resolução CONAMA n°003/90 que limita os padrões primários de 240 μg/m³ e padrões secundários de 150 µg/m³.

Palavras-chave: Impacto Ambiental. Ruído. Material Particulado. Fundações.

ABSTRACT

This research identified and quantified the environmental impacts caused by physical agents coming from the execution of civil construction work at the stage of the foundations, especially around the project. These impacts bring discomfort to neighbors within the urban area. Were studied the propagation of noise in densely populated neighborhoods, and later, the particulate materials, measuring their concentrations and their effects on the urban environment. In developing this new research in Brazil, carried out a survey of reference, then noise measurements in four works of deep foundations and also a sampling campaign about the issue of Total Suspended Particles in four more works of foundations. There were spreads surrounding the building during the implementation phase of the foundation and its impacts on the environment is quite aggressive, analyzed the results of measurements, modeling of the indicators of impacts with the distance to the work and discussions of the results. The identification of impacts of urban noise and particulate materials, measurement and verification of spreads in the vicinity of construction sites are important inputs for the formulation of a disciplinary law of the indicators of these impacts during the implementation phase of the foundations in urban areas. The results show high levels of noise in different piles, such as: pre-molded stake of 95.7 dB, CFA piles of 85.7 dB, stake improvement conditional of 107dB and vibrated improvement stakes of 97.7 dB, disobeying the Law No. 16. 243/96 of Recife's environmental code, which limits the maximum noise of 70 dB. Emissions of Total Suspended Particles in the stakes reached the following concentrations: pre-molded pile of 55.81 mg/m³, CFA stake of 93.19 mg/m³, improvement in mortar stake of 7.02 mg / m³ and vibrated improvement stake of 86.7 mg / m³ given CONAMA Resolution 003/90 that limits the primary standard to 240 mg/m³ and secondary standards to 150 mg/m³.

Keywords: Environmental impacts. Noises. Dusty. Foundations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Escavadeira hidráulica, vibrador hidráulico de cravação SP-60 e o tubo metálico	31
Figura 02 – Amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas para coleta de MP10	46
Figura 03 – Amostrador de grande volume para coleta de PTS	47
Figura 04 – Calibração do amostrador de grande volume	48
Figura 05 – Sonômetro ou decibelímetro utilizado para medições	56
Figura 06 – Filtro de fibra de vidro	59
Figura 07 – Anotação do número do filtro de fibra de vidro	60
Figura 08 – Filtro de fibra de vidro preparado para dessecar	60
Figura 09 – Dessecador com sílica e filtros de fibra de vidro	61
Figura 10 – Balança analítica	62
Figura 11 – Amostrador de grande volume	63
Figura 12 – Amostrador de grande volume com as portas abertas	64
Figura 13 – Maleta do calibrador padrão de vazão	65
Figura 14 – Calibrador padrão de vazão dentro da maleta	65
Figura 15 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 1 (estaca pré-moldada de concreto)	70
Figura 16 – Imagem aérea da obra nº 01 (estaca pré-moldada de concreto)	71
Figura 17 – Malha de pontos da obra número 1 (estaca pré-moldada de concreto)	72
Figura 18 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca pré-moldada	73
Figura 19 – Isolinhas coletados na malha de pontos	74
Figura 20 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 2 (estaca hélice contínua)	77
Figura 21 – Imagem aérea da obra nº 02 (estaca hélice contínua)	78
Figura 22 – Malha de pontos da obra número 2 (estaca hélice contínua)	79
Figura 23 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca hélice contínua	80
Figura 24 – Isolinhas coletadas na malha de pontos	81
Figura 25 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 3 (estaca de melhoramento)	82
Figura 26 – Imagem aérea da obra nº 03 (estaca de melhoramento)	83
Figura 27 – Malha de pontos da obra número 3 (estaca de melhoramento)	84
Figura 28 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca de melhoramento	85
Figura 29 – Isolinhas coletadas na malha de pontos	85

Figura 30 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 4 (estaca de melhoramento vibrada)
Figura 31 – Imagem aérea da obra nº04 (estaca de melhoramento vibrada)
Figura 32 – Malha de pontos da obra número 4 (estaca de melhoramento vibrada)
Figura 33 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca de melhoramento vibrada
Figura 34 – Isolinhas coletados na malha de pontos
Figura 35 – Carta gráfica da calibração
Figura 36 – Curva de calibração
Figura 37 – Canteiro da obra número 5 (estaca hélice contínua)
Figura 38 – Croqui da campanha de amostragem de PTS da obra número 5 (estaca nélice contínua)
Figura 39 – Vista aérea da obra número 5 (estaca hélice contínua)
Figura 40 – Carta gráfica da amostragem nº 1003 da obra nº5 (estaca hélice contínua)
Figura 41 – Carta gráfica amostragem nº 1004, da obra nº5 (estaca hélice contínua)
Figura 42 – Carta gráfica da amostragem nº1005 da obra nº5 (estaca hélice contínua)
Figura 43 – Carta gráfica de amostragem nº1001 da obra nº5 (estaca hélice contínua)
Figura 44 – Carta gráfica da amostragem nº1002 da obra nº5 (estaca hélice contínua)
Figura 45 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra nº5 (estaca hélice contínua)
Figura 46 – Canteiro de obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 47 – Croqui da campanha de amostragem das Partículas Totais em Suspensão da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 48 – Imagem aérea da obra nº 6 (estaca de melhoramento)
Figura 49 – Carta gráfica da amostragem número 2001 da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 50 – Carta gráfica da amostragem número 2002 da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 51 – Carta gráfica da amostragem número 2003 da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 52 – Carta gráfica da amostragem número 2004, da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 53 – Carta gráfica da amostragem número 2005 da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 54 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra número 6 (estaca de melhoramento)
Figura 55 – Canteiro de obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)
Figura 56 – Croqui da campanha de amostragem de Partículas Totais em Suspensão da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)

Figura 57 – Imagem aérea da obra nº 7 (estaca de melhoramento vibrada)	128
Figura 58 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3003 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)	129
Figura 59 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3004 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)	131
Figura 60 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3005 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)	133
Figura 61 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3002 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)	135
Figura 62 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3001 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)	137
Figura 63 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada)	139
Figura 64 – Canteiro de obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto)	140
Figura 65 – Croqui da campanha de amostragem de Partículas Totais em Suspensão da obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto)	140
Figura 66 – Imagem aérea da obra nº 8 (estaca pré-moldada de concreto)	141
Figura 67 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4001 da obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto)	143
Figura 68 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4002 da obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto)	145
Figura 69 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4003 da obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto)	147
Figura 70 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4004 da obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto)	149
Figura 71 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4005 da obra número 4 (estaca pré-moldada de concreto)	151
Figura 72 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra número 8	153
Figura 73 – Análises comparativas da emissão de concentração de Partículas Totais em Suspensão das obras estudadas	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Método executivo da estaca pré moldada
Tabela 02 – Método executivo da estaca hélice contínua
Tabela 03 – Método executivo da estaca de melhoramento em argamassa
Tabela 04 – Método executivo da estaca melhoramento vibrada
Tabela 05 – Medições efetuadas na obra localizada em Santos/SP – Rua Ver. Rocha e
Silva
Tabela 06 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)
Tabela 07 – Legislações, normas e seus níveis de tolerância
Tabela 08 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA
N°003/1990)
Tabela 09 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi
Tabela 10 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 1 (estaca pré-moldada em
concreto)
Tabela 11 – Comparação dos resultados das obras: Santos/SP x Recife/PE
Tabela 12 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi
Tabela 13 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 2 (estaca hélice contínua)
Tabela 14 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi
Tabela 15 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 3 (estaca de melhoramento)
Tabela 16 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi
Tabela 17 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 4 (estaca de melhoramento
vibrada)
Tabela 18 – Análise comparativa dos ruídos nas diferentes estacas estudadas
Tabela 19 – Resultado da pesagem dos filtros
Tabela 20 – Dados manométricos da calibração
Tabela 21 – Resultado da vazão de calibração e deflexão da carta gráfica
Tabela 22 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi
Tabela 23 – Dados gerais da amostragem 1003
Tabela 24 – Resultado da amostragem 1003
Tabela 25 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1003
Tabela 26 – Dados gerais da amostragem 1004
Tabela 27 – Resultado da amostragem 1004
Tabela 28 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1004
Tabela 29 – Dados gerais da amostragem 1005
Tabela 30 – Resultado da amostragem 1005
Tabela 31 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1005
Tabela 32 – Dados gerais da amostragem 1001
Tabela 33 – Resultado da amostragem 1001
Tabela 34 – Resultados dos cálculos da concetração da amsotragem 1001
Tabela 35 – Dados gerais da amostragem 1002
Tabela 36 – Resultado da amostragem 1002.
Tabela 37 – Resultados dos cálculos da concentração da maostragem 1002
Tabela 38 – Análise comparativa da campanha de amostragem da estaca hélice contínua
Tabela 39 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi
Tabela 40 – Dados gerais da amostragem 2001.
Tabela 41 – Resultado da amostragem 2001
Tabela 42 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2001

Tabela 43 – Dados gerais da amostragem 2002	117
Tabela 44 – Resultado da amostragem 2002.	118
	118
,	119
	119
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	120
, and the second se	120
	121
C	122
	122
	123
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	124
Tabela 55 – Análise comparativa da campanha de amostragem da estaca de	
melhoramento.	124
	128
S S	129
<u> </u>	130
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	130
	130 131
<u> </u>	131 132
	132 132
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	132 132
<u> </u>	132 133
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	133 134
, and the second se	134 134
ϵ	134 135
\boldsymbol{c}	
\mathcal{E}	136 126
	136 127
	137
,	138
Tabela 72 – Análise comparativa da campanha de amostragem das estacas de	138
melhoramento vibrada	1 10
e	142
ϵ	142
$\boldsymbol{\mathcal{C}}$	143
, \mathcal{E}	144
ϵ	144
	145
, ε	146
ϵ	146
$\boldsymbol{\mathcal{U}}$	147
,	148
ϵ	148
Tabela 84 – Resultado da amostragem 4004.	149
Tabela 85 – Resultados dos cálculos da concentração da amsotragem 4004	150
	150
Tabela 87 – Resultado da amostragem 4005	151
Tabela 88 – Resultados dos cálculos da concentração da amsotragem 4005	152
Tabela 89 – Análise comparativa da campanha de amostragem das estacas de pré-	152
moldado de concreto	132

Tabela 90 – Análise comparativa da concentração das PTS nas diferentes estacas	156
estudadas	150
Tabela 91 – Análise comparativa entre a concentração das PTS de 1998 e 2010	157
Tabela 92 – Análise geral da poluições: sonoras e atmosféricas das estacas	158

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	X
LISTA DE FIGURAS	хi
LISTA DE TABELAS	xiv
1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Considerações Gerais	19
1.2 Justificativa	21
1.3 Objetivos	22
1.3.1 Objetivo geral	22
1.3.2 Objetivos específicos	23
2. REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Introdução	24
2.2 Fundações	25
2.2.1 A prática de fundações no Recife	26
2.2.2 Os impactos decorrentes das fundações profundas	32
2.3 Ruídos	33
2.3.1 Fundamentos básicos do som	36
2.3.2 Avaliação subjetiva do ruído	36
2.3.3 Instrumentos de medição	37
2.3.4 Efeitos dos ruídos no organismo	37
2.3.5 Legislações	39
2.3.6 Aspectos importantes da medição dos ruídos em campo	40
2.4 Material Particulado	42
2.4.1 Fundamentos básicos dos particulados	43
2.4.2 Avaliações dos particulados	43
2.4.3 Partículas Totais em Suspensão (PTS)	44
2.4.4 Instrumentos de medição	45
2.4.5 Efeitos dos particulados no organismo	50
2.4.6 Legislação Nacional	50
2.4.7 Aspectos importantes da campanha das Partículas Totais em Suspensão	52
3. METODOLOGIA	55
3.1 Medição de ruídos	55
3.2 Medição de material particulados	57
4. RESULTADOS	69
4 1 Pesquise de cempo dos ruídos	69

4.1.1 Obra número 1 (Estaca pré-moldada de concreto)	69
4.1.1.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	70
4.1.1.2 Medições dos ruídos	71
4.1.2 Obra número 2 (Estaca Hélice Contínua)	76
4.1.2.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	77
4.1.2.2 Medições dos ruídos	78
4.1.3 Obra número 3 (Estaca de Melhoramento)	81
4.1.3.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	82
4.1.3.2 Medições dos ruídos	83
4.1.4 Obra número 4 (Estaca de Melhoramento vibrada)	86
4.1.4.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	87
4.1.4.2 Medições dos ruídos	88
4.1.5 Análise comparativa dos ruídos	90
4.2 Pesquisa de campo das Partículas Totais em Suspensão	93
4.2.1 Pesagem dos filtros e calibração do AGV	93
4.2.1.1 Resultados da pesagem dos filtros	93
4.2.1.2 Resultados da Calibração do Amostrador de Grande Volume	95
4.2.2 Obra número 5 (Estaca Hélice Contínua)	97
4.2.2.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	99
4.2.2.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 1003)	100
4.2.2.3 Segundo dia de amostragem (filtro 1004)	102
4.2.2.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 1005)	104
4.2.2.5 Quarto dia de amostragem (filtro 1001)	106
4.2.2.6 Quinto dia de amostragem (filtro 1002)	108
4.2.2.7 Campanha de amostragem das estacas hélice contínuas	110
4.2.3 Obra número 6 (Estaca de Melhoramento)	111
4.2.3.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	
4.2.3.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 2001)	115
4.2.3.3 Segundo dia de amostragem (filtro 2002)	116
4.2.3.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 2003)	118
4.2.3.5 Quarto dia de amostragem (filtro 2004)	120
4.2.3.6 Quinto dia de amostragem (filtro 2005)	122
4.2.3.7 Campanha de amostragem das estacas de melhoramento	124
4.2.4 Obra número 7 (Estaca de Melhoramento Vibrada)	125
4.2.4.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	127
4.2.4.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 3003)	128
4.2.4.3 Segundo dia de amostragem (filtro 3004)	130
4.2.4.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 3005)	132
4.2.4.5 Quarto dia de amostragem (filtro 3002)	134
4.2.4.6 Quinto dia de amostragem (filtro 3001)	136
4.2.4.7 Campanha de amostragem das estacas de melhoramento vibrada	138
4.2.5 Obra número 8 (Estaca pré-moldada de concreto)	139
4.2.5.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos	141
4.2.5.1 Aspectos do entorno (vizintança) e addos meteorológicos	141
4.2.5.3 Segundo dia de amostragem (filtro 4001)	144
4.2.5.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 4003)	146

4.2.5.5 Quarto dia de amostragem (filtro 4004)	148
4.2.5.6 Quinto dia de amostragem (filtro 4005)	150
4.2.5.7 Campanha de amostragem das estacas pré-moldada de concreto	152
4.2.6 Análise comparativa das concentrações das Partículas Totais em	153
Suspensão	155
4.3 Resultados gerais dos impactos ambientais das estacas das estacas de	158
fundações	138
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	159
5.1 Conclusões	159
5.2 Recomendações para futuras pesquisas	160
REFERÊNCIAS	161
ANEXO A	165
ANEXO B.	167

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da expansão habitacional, nas escalas verticais, proporciona uma malha urbana centralizada, aumentando significativamente o impacto da atividade do homem sobre o próprio homem. A poluição e incômodos gerados nos canteiros de obras são bastante agressivos à comunidade habitacional vizinha aos empreendimentos.

Segundo Silva (2003), a indústria da construção, particularmente a construção, operação e demolição de edifícios, representam as atividades humanas de maior impacto sobre o meio ambiente. A magnitude dos impactos sociais e econômicos posiciona estrategicamente o setor, em dimensão mundial, como um motor potencial para o atendimento de metas de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Menezes et al. (2006), além da consciência sobre a preservação ambiental, a entrada em vigor do princípio do poluidor-pagador impõe ao empreendedor a necessidade de controlar o passivo ambiental de cada obra, pois os impactos ambientais podem ter manifestações presentes e futuras que causem ações penais com prejuízos de monta aos empreendedores.

O foco, desta pesquisa, é identificar os incômodos que as obras de fundações causam aos seus vizinhos, especialmente observando-se os ruídos e particulados. Os ruídos foram analisados e medidos sob a ótica ambiental, desprezando seus efeitos ocupacionais. As campanhas de amostragens dos particulados, em especial, as Partículas Totais em Suspensões, foram analisadas também na ótica ambiental, observando-se as emissões, dessas concentrações, durante as atividades da execução das fundações e comparando-as com as emissões existentes durante os dias de ausência de execução das fundações estudadas.

1.1 Considerações Gerais

A construção de edifícios detém peculiaridades específicas, apesar do conceito de análise do ciclo de vida (life cycle anaysis), originalmente desenvolvido na esfera de avaliação de

impactos de produtos, ter sustentado o desenvolvimento da primeira geração de sistemas de avaliação, a sua aplicação direta em avaliação de edifícios em geral, particularmente no Brasil, mostra-se, neste momento, complexa, impraticável e insuficiente. Como resultado, a maioria dos métodos de avaliação de edifícios não emprega a Life Cycle Analysis como ferramenta de apoio à atribuição de critérios ambientais, sendo mais comum extrair da análise do ciclo de vida o conceito de ciclo de vida e utilizá-lo para aumentar a abrangência da avaliação do edifício (SILVA, 2003).

Segundo Priori Jr et al. (2008), a construção civil participa, direta e indiretamente, com cerca de 18% do Produto Interno Bruto - PIB, sendo responsável por expressiva parcela do desenvolvimento da economia nacional. No Estado de Pernambuco, a construção civil participa com, aproximadamente, 20% do PIB industrial e 35% de empregos, destacando-se ainda pelo seu papel social, pois é uma área que dá suporte a todas as demais atividades industriais, através da edificação e montagem de unidades produtivas e da materialização da infraestrutura para o desenvolvimento urbano, por meio da construção de estradas, ferrovias, obras de saneamento, linhas de transmissão de energia, construção de escolas, hospitais, habitações, entre outros.

Segundo Araújo et al. (2009), o empreendedor entende que a fase construtiva deve ser planejada numa lógica que favoreça uma melhor venda do empreendimento, não havendo preocupação na adoção do processo construtivo menos impactante. Esse raciocínio dificulta a implantação de metodologias construtivas menos impactantes.

Entretanto, nos últimos anos, a necessidade de redução dos custos de produção, aliada a uma maior conscientização dos consumidores, fez com que as estratégias de competitividade traçadas pelas empresas de construção passassem a considerar, necessariamente, os aspectos de melhoria da qualidade de seus produtos, maior eficiência nos seus processos de produção e também a incorporar conceitos de sustentabilidade ambiental. Vários esforços têm sido feitos para atingir níveis mais altos de qualidade e produtividade, dentro de um processo de atualização e de mudanças das práticas tradicionais.

Segundo Priori Jr et al. (2008) o Estado de Pernambuco ultrapassou, nos últimos anos, o ritmo de crescimento econômico do Brasil. De 1997 a 2005, a taxa de crescimento econômico pernambucana superou a brasileira em seis dos nove anos. Enquanto o Brasil registrou uma

taxa média de crescimento de 2,54% e o Nordeste alcançou 2,42%, Pernambuco cresceu 3% ao ano. A construção civil deverá crescer acima da média do Estado com taxa de 7,65% nos próximos 13 anos e passar por uma aceleração a partir de 2011.

São gigantescos os investimentos públicos anunciados, alguns já em execução, e vários deles previstos no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), do governo federal, a exemplo dos projetos de infraestrutura como a Ferrovia Transnordestina, a Duplicação da BR 101, a Transposição do Rio São Francisco, o Estaleiro Atlântico Sul, a Refinaria Abreu e Lima, os Pólos de Poliéster e de hemoderivados, dentre outros.

Dentro da discussão da questão da sustentabilidade ambiental, um dos aspectos mais questionados do setor é o impacto ambiental gerado durante a fase de construção, especialmente no entorno da obra. Na fase construtiva de uma edificação, há quatro fases bem distintas: fundação; execução da estrutura de concreto; execução das alvenarias e execução do acabamento. Em cada uma delas os impactos ambientais são diferentes em decorrência dos equipamentos, maquinários e materiais utilizados. Não há ainda qualquer estudo no Recife sobre tais aspectos.

A pesquisa pretende identificar e quantificar, na fase de fundação, indicadores de níveis de ruídos e particulados, focando os seguintes aspectos: o efeito da poluição sonora e emissão de particulados das construções na vizinhança.

1.2 Justificativa

A atividade edificante do setor da construção proporciona, durante a fase da fundação, vários incômodos, principalmente nas áreas densamente edificadas, interferindo no meio ambiente urbano de diversas formas, ao produzir ruídos e particulados.

O estudo desses impactos pretende avaliar a dimensão, dos mesmos, no entorno da obra, demonstrando a ação dos ruídos e particulados no meio sócio-ambiental e sua interferência direta no conforto e bem estar da vizinhança.

O ponto crucial e de grande importância, desta pesquisa, foi a observação, durante o processo de consolidação dos investimentos de infraestrutura pública, do aumento das demandas de habitações, com crescimento em progressões geométricas. Estima-se uma expansão numa taxa média em torno de 8% ao ano, para 2011-2020. Esse cenário gerará riqueza, mas também a grande responsabilidade de se administrar os efeitos causados pelo adensamento urbano, durante a fase de construção do empreendimento, bem como sua interferência no ambiente do entorno da obra e o nível de incômodo perante a vizinhança. A observação da interferência no sossego público, durante a cadeia produtiva da construção gera uma preocupação significativa na sustentabilidade dos métodos construtivos tradicionais e incentiva pesquisas, para identificação, desses impactos, focadas na descoberta de métodos construtivos inovadores, tecnologicamente falando, minimizadores dos impactos dos métodos tradicionais.

A pesquisa de Mestrado está inserida no Projeto PRONEX MCT / CNPq / Facepe intitulado "Núcleo para Prevenção e Controle de Riscos Geológico-Geotécnicos e Hidrológicos na Região Metropolitana do Recife", com a participação da UFPE e UPE. Envolve a participação dos Grupos de Pesquisa AMBITEC — Grupo de Pesquisas de Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente e NSHT — Núcleo de Segurança e Higiene do Trabalho da UPE, além do GEGEP — Grupo de Pesquisa de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies da UFPE.

Dentro desse contexto, a Universidade de Pernambuco, através do Programa Pós Graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica, busca contribuir de forma participativa, flexível e pró-ativa na formação de recursos humanos, geração e divulgação do conhecimento e na promoção do setor da construção civil e do bem estar da sociedade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa consiste em realizar um estudo detalhado dos principais impactos ambientais, no meio ambiente urbano, gerados durante a fase de construção da fundação de edifícios, especialmente os ruídos e particulados, no entorno da obra.

1.3.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos, pode-se citar:

- i) Identificar os impactos ambientais mais relevantes, no entorno da construção;
- ii) Identificar os impactos ambientais do ruído, no entorno da construção;
- iii) Realizar medições de ruídos, propagados pelos diferentes tipos de execução de fundações;
- iv) Verificar, junto às diversas legislações, o nível limite dos ruídos e comparar com valores de ruídos medidos em campo;
- v) Identificar os impactos ambientais da emissão de material particulado, no entorno da construção;
- vi) Realizar amostragens do material particulado emitido, pela fundação, durante sua execução;
- vii) Verificar, junto à legislação, o nível limite das concentrações dos particulados;
- viii) Definir indicadores toleráveis, que possam subsidiar a elaboração de uma legislação regulamentadora de tais atividades, no âmbito municipal;
- ix) Identificar métodos construtivos de fundações, menos impactantes, buscando os mais sustentáveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Introdução

Muitos métodos são utilizados para avaliação de impactos ambientais, porém, devido à diversidade e à complexidade dos estudos, poderá não haver um método adequado para um determinado sistema. Alguns requisitos são fundamentais: fator tempo, aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos integralizados, setorização da área a ser estudada, globalização dos impactos parciais, formulação de arquivo dos dados, método construtivo e outros.

Os parâmetros ambientais, incorporando medidas de magnitude, processam variáveis qualitativas e quantitativas. Em virtude do método construtivo adotado, observam-se medidas mitigadoras, transportadas dos processos de qualidades, racionalização e industrialização, transformando um canteiro de trabalho tradicional, de característica artesanal construtiva, num canteiro de trabalho menos impactante, limpo e voltado para uma linha industrial.

A racionalização ambiental, que consiste na utilização de tecnologias sustentáveis e inovações tecnológicas implantadas no processo construtivo, diminui o tempo da obra, o método de executar, além de proporcionar um incômodo de menor grau.

O método de identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais, de uma tarefa, resulta na classificação desses impactos como *significativos* ou *não significativos*. Preliminarmente, alguns termos devem ser definidos, conforme Menezes et al. (2006):

- (1) Sítio: terreno onde se localiza a obra (canteiro de obra) ou ainda, o escritório da sede ou filial, depósito ou outro imóvel da organização;
- (2) Vizinho direto: ambiente representado pelos imóveis, ocupados ou não, que limitam-se ou confrontam-se diretamente com o sítio:
- (3) Vizinho indireto: ambiente representado pelos imóveis, ocupado ou não, situados nas quadras imediatamente circunvizinhas à do sítio;
- (4) Área de vizinhança: área que compreende os vizinhos diretos e indiretos; e

(5) Área de influência: toda a área interna ou externa, ao sítio, que está sujeita ao impacto ambiental oriundo das atividades da empresa.

Segundo Menezes et al. (2006), as identificações e avaliações dos impactos ambientais nas atividades construtivas devem, inicialmente, delimitar as áreas de vizinhanças e de influência. Na sequência, devem ser identificados atividades, serviços controlados e tarefas (atividades se compõem de serviços controlados e estes de tarefas).

Degani (2003), estudou o desempenho ambiental em duas empresas construtoras de edifícios onde ambas apontaram impactos significativos. Os aspectos das atividades desenvolvidas nos canteiros de obras que consideram ser significantes são: emissão de ruídos; emissão de poluentes no ar; disposição de produtos químicos; contaminação do solo; e geração de resíduo sólidos. No entanto devem ser estabelecidos procedimentos para monitoramento e medições periódicas das operações e atividades das empresas, incluindo avaliações periódicas de atendimentos à legislação e regulamentos ambientais pertinentes.

2.2 Fundações

De acordo com Hachich et al. (1998) as fundações (ou infraestruturas) são elementos que não subsistem por si só, são sempre fundações de algum outro elemento (superestruturas). Daí o histórico condensado precisar, também, necessariamente, incluir algo sobre superestruturas, embora de maneira mais singela e ainda mais concisa. Se, mais, considerar-se que as práticas tanto de super como de infraestruturas sempre tiveram forte conotação cultura, resultará claro, de tudo isso, que a história da técnica das fundações deve ser mais conceitual do que factual, no sentido de que, ligada a cultura do homem desde a pré-história, foi formando seus conceitos como síntese de toda uma vasta e multimilenar experiência construtiva.

Segundo o referido autor, com a chegada da corte portuguesa ao Rio de Janeiro, em 1808, é que são fundadas escolas de ensino superior, além de bibliotecas, museus e jardins botânicos. A partir daí tem início a formação no país de profissionais, cuja instrução é baseada em ciências. A engenharia civil e, com ela, as técnicas de construção e fundações de estruturas são ensinadas na Academia Militar, somente em 1845, e na Escola de Minas de Ouro Preto, em 1876. Já no programa anexo ao decreto de criação da Escola Politécnica, as técnicas de

fundações deveriam ser ensinadas no 1º ano do curso de Engenharia Civil, na 1ª Cadeira: "Estudo dos Materiais de Construção e sua Resistência, Tecnologia das Profissões Elementares, Arquitetura Civil". No decorrer do tempo essa cadeira deu origem às disciplinas de Construção e de Grandes Estruturas, as quais vieram a constituir as atuais: Mecânica dos Solos e Fundações.

2.2.1 A prática de fundações no Recife

A geologia da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, é bastante singular. Gusmão et al. (2005) entende que a morfologia de Recife dividi-se em duas paisagens distintas: morros e planície. A ocupação da cidade com edificações de grande porte tem se dado, contudo, apenas no espaço confinado entre os morros e a orla marítima, que se constitui em uma grande planície.

De uma maneira aprofundada, Costa Filho (1997), descreve as áreas baixas como o próprio nome Planície do Recife, constituída por depósitos de sedimentos quartenários, que coincidem com as planícies de inundação dos vales de antigos rios e riachos. Bordejando a área, encontra-se um segundo tipo morfológico que são áreas elevadas com cotas variando entre 10 e 100 m, moldadas sobre o embasamento cristalino e sedimentos de Formação Barreiras, formando morros isolados ou áreas dissecadas por vales profundos.

Na presente pesquisa, as fundações estudadas foram escolhidas observando-se um critério básico, ou seja, as mais executadas, rotineiramente, na cidade do Recife. O subsolo do Recife apresenta uma complexidade significativamente singular no ponto de vista geotécnico, bastante prejudicado pela sua formação natural. Comumente, na cidade do Recife, as construções verticais adotam soluções em fundações profundas, quando não, procedem com a execução dos melhoramentos dos solos, para possibilitar a utilização de fundações superficiais, aumentando a taxa de trabalho do terreno.

Diante disto, as fundações estudadas nesta pesquisa são: estaca pré moldada, estaca hélice continua, estaca de melhoramento utilizando-se bate estaca e, finalmente, estaca de melhoramento vibrada utilizando SP-60 (vibrador acoplado à escavadeira hidráulica). Segue abaixo a metodologia das estacas estudadas:

i) Estaca pré moldada de concreto:

As Estacas pré-moldadas caracterizam-se por serem cravadas no terreno por percussão, prensagem ou vibração e por fazerem parte do grupo denominado "estacas de deslocamento". As estacas pré-moldadas podem ser constituídas por um único elemento estrutural (madeira, aço, concreto armado ou protendido) ou pela associação de dois desses elementos, o que se chama de estaca mista (HACHICH et al., 1998).

De todos os materiais de construção, o concreto é um dos que melhor se presta à confecção de estacas e em particular das pré-moldadas, pelo controle da qualidade que se pode exercer tanto na confecção quanto na cravação. Na cravação da estaca pré-moldada se utiliza pilões de queda – livre (bate estacas), fonte responsável pelo ruído.

As estacas pré-moldadas de concreto são confeccionadas em concreto armado ou protendido adensado por centrifugação ou por vibração, e podem ser cravadas por prensagem, por vibração ou por percussão.

Conforme Hachich et al. (1998) este é o processo mais utilizado para instalação de estacas pré moldadas. Para tanto utiliza-se pilão de queda livre, onde executa golpes na topo da estaca, para amortecer os golpes do pilão e uniformizar as tensões por ele aplicadas à estaca, instala-se no topo desta um capacete dotado de cepo e coxim. Para iniciar o processo, primeiramente instala-se a estaca pré moldada no bate estaca por içamento, verifica-se o prumo e posicionamento da estaca no pré furo realizado anteriormente. O pilão é levantado pelo cabo do bate estaca e deixado cair por gravidade. A Tabela 01 apresenta o método executivo da estaca pré moldada.

Tabela 01 – Método executivo da estaca pré moldada.

MÉTODO EXECUTIVO	
3 3 3 3 3	Içamento do perfil
	Instalação da proteção do topo da estaca (capacete); Verificação do prumo e posicionamento do perfil no local exato do pré furo; Apiloamento através das pacadas do pilão no topo da estaca por queda livre.
	Conexão e solda do perfil cravado ao novo perfil.

ii) Estaca hélice contínua:

A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada "in loco", executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto, sob pressão controlada, através da haste central do trado simultaneamente à sua retida do terreno.

Segundo Hachich (1998) a partir da metade da década de 90, o mercado brasileiro foi invadido por máquinas importadas da Europa, principalmente da Itália, construídas especialmente para execução de estacas hélice contínua, com torque de 90 kNm a mais de 200 kNm, diâmetros de hélice de até 1000 mm e com capacidade para executar estacas de até 24 m de profundidade. A Tabela 02 apresenta o método executivo da estaca hélice contínua.

Tabela 02 – Método executivo da estaca hélice contínua.

MÉTODO EXECUTIVO	
	Crava-se a hélice helicoidal no terreno até a profundidade determinada no projeto por meio de uma mesa rotativa colocada no seu topo aplicando um torque apropriado para vencer a resistência do terreno. Essa haste de perfuração é composta por uma hélice espiral desenvolvida em torno de um tubo central.
	Após a perfuração na profundidade de projeto estabelecida inicia-se a injeção de concreto muito fluído. Esse concreto é injetado através do tubo central da haste na medida em que a haste vai sendo retirada do terreno.
THE PROPERTY OF THE PARTY OF TH	Instalação da armação é feita por gravidade, devido à fluidez do concreto.

iii) Estaca melhoramento:

De forma prática, crava-se um tubo com bucha seca e, em seguida, executa-se a estaca de argamassa com a base alargada. Essa estaca é bastante utilizada nas construções de fundações da Região Metropolitana do Recife e tem sido muitas vezes empregadas com o objetivo de melhorar o terreno, para posteriormente se construir uma fundação superficial.

A técnica de melhoramento através de estacas de argamassa é uma variante do uso de estacas de areia e brita, e foi desenvolvida em virtude das difíceis condições do subsolo do Recife. O processo apresenta uma concepção inovadora para projetos de fundações, tendo conseguido pleno êxito de segurança e custo. Observa-se que as estacas de compactação têm aplicação restrita aos solos granulares. O objetivo da técnica é densificar o solo através de três efeitos: 1) introdução de material do terreno; 2) deslocamento do material do terreno igual ao volume do tubo introduzido; 3) e o efeito de vibração decorrente do processo de cravação dinâmica. O

processo de melhoramento de solos, conhecido como "estacas de argamassa", na verdade se trata de uma estaca constituída de concreto simples. O seu emprego é determinado em função da granulometria do terreno superficial e da presença de camadas argilosas moles superficiais, que devem ser ultrapassadas para redução de recalques (GUSMÃO FILHO e GUSMÃO, 2000). A Tabela 03 apresenta o método executivo da estaca de melhoramento em argamassa, descrevendo de forma abreviada as etapas de execução.

Tabela 03 – Método executivo da estaca de melhoramento em argamassa.

MÉTODO EXECUTIVO	
	Crava-se um tubo metálico com uma bucha de concreto na ponta.
22/06/2010	Alimenta-se o tubo com argamassa esse material.
	Retira-se o tubo metálico.

iv) Estaca melhoramento vibrada:

De forma sucinta, crava-se um tubo metálico com tapa basculante impedindo a entrada do material do terreno natural no tubo e, em seguida, executa-se através de uma retro escavadeira adaptado em sua concha um cone com material de melhoramento. Essa estaca foi realizada pela primeira vez no Brasil nas obras de construções de edifícios em Recife com objetivo de melhorar a produtividade desse tipo de execução.

Acoplado ao braço de escavadeira hidráulica, mostrado na figura 01, esse equipamento segura o tubo metálico com uma tampa basculante em sua ponta e crava o tubo por vibração,

utilizando os princípios da energia cinética. Em seguida, uma retro escavadeira transposta à mistura do material de melhoramento (areia e brita ou pó de pedra e brita) através de um funil cônico acoplado à sua concha. Um trabalhador abre a tampa do funil e a mistura desce por gravidade dentro do tubo cravado no solo. O equipamento, com uma freqüência vibratória estipulada pelo operado, retira o tubo compactando, pelo efeito da vibração, a mistura no interior no tubo.

A técnica de melhoramento vibrada denominada de terra probe chegou ao Brasil em 2009 e utilizada pela primeira vez nas obras pernambucanas. Totalmente mecanizada, onde se utiliza um traço de pó de pedra e brita na proporção 3:1. Equipamento utilizados são: escadeira hidráulica, onde acopla-se ao braço o vibrador de cravação denominado de SP-60 com a função de cravar o tubo metálico; carregadeira sobre roda acoplado a sua concha dianteira um funil com diâmetro do fundo compatível com o diâmetro do tubo metálico de cravação com a dupla função de misturar o pó de brita e brita no traço de projeto e transportar o material de melhoramento através do funil para o tubo cravado no terreno. A Figura 01 apresenta escadeira hidráulica, onde acopla-se ao braço o vibrador hidráulico de cravação denominado de SP-60 e o tubo metálico. A Figura 01 apresenta a escadeira hidráulica, o vibrador hidráulico de cravação denominado de SP-60 e o tubo metálico.



Figura 01 - Escavadeira hidráulica, vibrador hidráulico de cravação denominado de SP-60 e o tubo metálico.

O processo do melhoramento do solo, proporciona compactação do solo através de três efeitos: no primeiro, temos o deslocamento do material do terreno igual ao volume do tubo introduzido; no segundo, a introdução de material compactado no terreno e no terceiro o efeito da vibração de retirada do tubo, compactando o material de melhoramento introduzido anteriormente no tubo. Esse processo melhora as camadas superficiais elevando assim como a compacidade e proporciona uma melhoria da resistência do solo, em conjunto com a redução do nível de deformabilidade, uma vez que a camada melhorada apresenta uma grande rigidez (GUSMÃO et al., 2005). A Tabela 04 apresenta o método executivo da estaca de melhoramento vibrada, utilizada pela primeira vez no Brasil.

Tabela 04 – Método executivo da estaca melhoramento vibrada.

MÉTODO EXECUTIVO				
	Cravação através da vibração do tubo metálico ao solo. Utilizando vibrador hidraúlico acoplada ao braço da escavadeira hidraúlica.			
A A	Carregamento e transporte do material de melhoramento. Utilizando uma carregadeira sobre rodas.			
	Enchimento do tubo metálico com material. Utilizando a retro escavadeira			
	Retirada através da vibração do tubo metálico com tampa basculante na ponta, deixando o material compactado no terreno.			

2.2.2 Os impactos decorrentes das fundações profundas

Os impactos decorrentes das fundações profundas são ainda bibliograficamente desconhecidos. Contudo, as populações vizinhas às obras de fundações os conhecem bem, pois são incomodadas por todos esses impactos, tais como, os ruídos e a emissão de particulados. Os ruídos das fundações provocam perturbações psicológicas, agredindo a audição humana e atrapalhando o sossego público local. Já os materiais particulados

propagam poeiras que incomodam e prejudicam os pertences materiais da população sujando as casas, carros, entre outros, além do fato que, por serem de menores diâmetros aerodinâmicos, podem causar irritações visuais e problemas respiratórios.

2.3 Ruídos

De acordo com Zannin e Szeremeta (2003), o ruído é um fato comum nos grandes centros urbanos, gerado principalmente pelos meios de transportes. A evolução da poluição sonora em nosso meio, constitui uma ameaça ao bem estar e à saúde dos cidadãos.

Segundo Lacerda et al. (2005) é alarmante o fato que a vizinhança gere tanto ruído quanto o ruído industrial. O ruído é o poluente invisível que, contínua e lentamente, vai agredindo os indivíduos, causando-lhe danos auditivos como em todo o organismo.

De acordo com Lacerda et al. (2005) afim de identificar quais as fontes de ruídos que mais incomodam os indivíduos na rua em que moram na cidade de Curitiba, aplicou-se um questionário, onde eles responderam à seguinte questão: "Quais os barulhos que incomodam?". Como resposta, obteve-se que, em primeiro lugar está o ruído do trânsito, com 66,8%; em segundo lugar, encontram-se os vizinhos, com 33,1%; terceiro lugar, ficou as sirenes, com 23,3%; em quarto lugar, o ruído dos animais, com 21,4% e finalmente em quinto lugar o ruído da construção civil, com 20,9%.

O canteiro de obras da construção civil tornou-se, tendo em vista a adoção de equipamentos em substituição dos trabalhos manuais, fonte produtora de ruídos. A inovação tecnológica dos anos 90 preocupou-se bastante com a invenção de equipamentos produtivos, esquecendo-se dos incômodos provocados pela velocidade de execução dos serviços. Segundo Andrade (2004), os equipamentos são fontes produtoras de ruídos, cujo cenário fez intervir uma função aleatória não estacionária, que são os ruídos ambientais e os ruídos provenientes dessas fontes determinadas.

Do ponto de vista da Higiene do Trabalho, o ruído é um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de vibrações de pressões (no caso ar) em função da frequência, isto é: para uma dada frequência pode existir, em forma aleatória através do tempo, variações de

diferentes pressões. Essa é uma situação real e frequente, portanto se utilizar a expressão ruído, entretanto, não necessariamente significa sensação subjetiva do barulho (SALIBA, 2007).

Segundo Carrol (2002), o som indesejável é denominado de ruído, portanto o que para alguns seres humanos podem ser ruídos para outros tornam-se som desejáveis. No entanto, a definição de ruído torna-se bastante subjetiva.

De acordo com Gonçalves et al. (2010), ao se avaliar o nível sonoro de uma fonte específica, diferentes tipos de fontes emissoras também devem ser consideradas:

- Ruído ambiente: É o ruído provocado por todas as fontes juntas (ruído da fonte, do tráfego, dos pássaros, do latido de cachorros, da água da chuva, do vento, dentre outros);
- 2) Ruído específico: É o ruído da fonte que se pretende medir, ou investigar, podendo ser um dos componentes do ruído ambiente;
- 3) Ruído residual: É o nível sonoro mínimo, o qual não se reduz durante o intervalo de tempo das medições, composto pelos elementos do ruído ambiente que não são ruídos específicos e perceptível quando o ruído específico é suprimido;
- 4) Ruído de fundo: É o conjunto de sons não desejáveis que ocorrem conjuntamente com o fato sonoro objeto de interesse de estudo ou consideração específica.

Segunda NBR 10151 (2000), existem definições e correções específicas para cada tipo de ruído, tais como:

- 1) Ruído com caráter impulsivo ou de impacto, refere-se ao ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que um segundo que se repetem a intervalos maiores do que um segundo (por exemplo martelagens, bate-estacas, tiros e explosões). A correção do nível corrigido Lc para o ruído com características impulsivas ou de impacto é determinado pelo valor máximo medido com medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (fast), acrescido de cinco decibéis.
- Ruído com componentes tonais são ruídos que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos. A correção do nível corrigido Lc para ruídos com componentes

tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente acrescido de cinco decibéis.

De acordo com Gonçalves et al. (2010), a literatura nacional é bastante pobre e escassa quanto à publicação de estudos e casos de monitoramento de ruídos provocados em decorrência do processo de cravação de estacas, já o dogma criado sobre esse assunto no meio técnico caminha em sentido contrário, sendo bastante rico. Muito se fala sobre problemas decorrentes dos ruídos provocados por cravação de estacas, porém, pouco se estuda sobre esse assunto e, pior ainda, quase nada se registra.

Gonçalves et al. (2010) em sua obra "Estacas pré moldadas de concreto – quebra, vibrações e ruídos" monitorou algumas obras, uma das quais apresentada a seguir. Trata-se da obra situada na rua Vereador Rocha e Silva – Ponta da Praia – Santos/SP, que teve suas fundações executadas com estacas pré fabricadas de concreto, comprimentos cravados em torno de 40 metros. O equipamento utilizado para a cravação das estacas foi um bate-estaca. Para que fosse possível efetuar a cravação das estacas, sem riscos de quebras durante a transposição de uma camada superficial de areia, foram efetuados pré furos com jateamento de água sob pressão (hidrojato), com 12 metros de comprimento. As medições dos ruídos foram realizadas utilizando-se um decibelímetro digital. A Tabela 05 apresenta os resultados encontrados na referida obra localizada em Santos/SP na Rua Ver. Rocha e Silva.

Tabela 05 — Medições efetuadas na obra localizada em Santos/SP — Rua Ver. Rocha e Silva.

Pontos de medição dos ruídos	Distância do bate- estaca (m)	Ruído de impacto dB	Tolerância municipal dB	Hora	Data
Rua Ver. Rocha e Silva (vizinho à esquerda)	± 8	82	90	10:28	Jan/2007
Rua Ver. Rocha e Silva (vizinho à direita)	± 10	76	90	11:15	Jan/2007
Av. Bancários (à direita)	± 15	71	90	09:32	Jan/2007
Rua Dr. Egidio Martins (à esquerda)	± 60	53	90	14:27	Jan/2007
Interior da obra (fundo à direita)	± 8	83	90	15:33	Jan/2007
Interior da obra (fundo ao centro)	± 15	82	90	17:25	Jan/2007
Interior da obra (fundo à esquerda)	± 10	84	90	07:35	Jan/2007
Interior da obra (frente à direita)	± 5	88	90	10:40	Jan/2007
Interior da obra (frente ao centro)	± 10	84	90	14:10	Jan/2007
Interior da obra (frente à esquerda)	± 8	85	90	16:58	Jan/2007

Fonte: Gonçalves et al. (2010)

2.3.1 Fundamentos básicos do som

As oscilações dos sistemas materiais elásticos, com a massa, podem constituir-se em estímulos, para o nosso organismo, e em determinadas condições podem provocar respostas – sensações de bem ou mal-estar ou problemas.

Quando as oscilações acontecem no ar, podem ser descritas como variações de pressão atmosférica, originando vibrações ou turbulências. Se essas oscilações estimulam o aparelho auditivo, temos o som, que pode ser definido como toda vibração mecânica que se propaga no ar e atinge o ouvido.

2.3.2 Avaliação subjetiva do ruído

A medição do som é feita por meio do nível de pressão sonora obtido em medidor correspondente a um fenômeno físico e não subjetivo. Vários estudos realizados com pessoas sadias, em laboratórios, indicaram que a resposta subjetiva do ruído é diferente nas diversas freqüências. Nas faixas entre 2.000 a 5.000 Hz, o ouvido humano é mais sensível ao ruído e, menos sensível, naquelas frequências extremamente baixas ou altas.

A NBR 10.151 (2000) – Norma regulamentadora da ABNT estabelece os níveis máximos de critério de avaliação NCA, para ambientes externos, em dB(A), conforme se pode verificar na Tabela 06.

Tabela 06 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).

aseta so Titvet de efficito de avantação Tvett para ametentes	· Chicomos	, ciii ab (1
Tipos de áreas		Noturno
Áreas de sítios e fazendas		35
Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais ou escolas		45
Área mista, predominantemente residencial		50
Área mista, com vocação comercial e administrativa		55
Área mista, com vocação recreacional		55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT 10.151 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.

2.3.3 Instrumentos de medição

Os medidores de nível de pressão sonora, de forma simplificada, são constituídos das seguintes partes:

 $Microfone \rightarrow Amplificador \rightarrow Filtros de compensação \rightarrow Amplificador/Retificador \rightarrow Medidor$

Os equipamentos utilizados nas avaliações de ruídos são basicamente dois. O primeiro chamado de audiodosímetro, o qual fornece, como leitura final, a dose acumulada e nível equivalente de ruído a que se expôs o trabalhador durante a jornada de trabalho. O audiodosímetro é utilizado quando o trabalhador se expõe a diferentes níveis de ruído durante a jornada de trabalho. O segundo equipamento utilizado para medir o nível de pressão sonora (NPS) é chamado de sonômetro ou, popularmente, de decibelímetro. Esse medidor pode ser do tipo 1, 2 e 3, dependendo da precisão.

2.3.4 Efeitos dos ruídos no organismo

De acordo com Paz et al. (2005) a comunidade científica confirmou em pesquisas recentes uma significante associação entre o ruído urbano e seus efeitos no organismo humano. O nível equivalente de ruído (Leq) de 65 dB (A) é considerado o limiar de conforto acústico para a medicina preventiva. A exposição contínua à valores acima desses limites pode causar distúrbios psico-fisiológicos diversos, independente da idade.

Segundo Gonçalves et al. (2010), a poluição sonora proporciona efeitos fisiológicos e psicológicos sobre o organismo humano. Ruídos intensos e permanentes podem causar vários distúrbios, alterando significativamente o humor e a capacidade de concentração das ações humanas. Provoca interferências no metabolismo de todo o organismo, inclusive tornando a perda auditiva irreversível quando induzida pelo ruído.

De acordo com a obra de Gonçalves et al. (2010), na obra Estacas Pré Moldadas de Concreto – Quebras, Vibrações e Ruídos, os efeitos são notoriamente perceptíveis, tais como:

- Efeitos Psicológicos sobre o organismo humano:
 - i) Perda da concentração;
 - ii) Perda dos reflexos;
 - iii) Irritação permanente;
 - iv) Insegurança quanto à eficiência dos atos;
 - v) Embaraço nas conversações;
 - vi) Perda da inteligibilidade das palavras; e
 - vii)Impotência sexual.
- Efeitos Fisiológicos sobre o organismo humano:
 - i) Perda auditiva até a surdez permanente;
 - ii) Dores de cabeça;
 - iii) Fadiga;
 - iv) Loucura;
 - v) Distúrbios cardiovasculares;
 - vi) Distúrbios hormonais;
 - vii) Gastrite;
 - viii)Disfunções digestivas;
 - ix) Aumento da frequência cardíaca;
 - x) Contração dos vasos sanguíneos.

A interferência do ruído no repouso, descanso e sono das pessoas é a maior causa de incômodo. É importante destacar que a pior interferência se dá na forma de ruído intermitente, como por exemplo: passagem de veículos pesados e passagem de aviões próximos às habitações (GONÇALVES et al, 2010).

Sons de curta duração e alta intensidade (explosões, estampidos de arma de fogo, detonações, etc.) podem resultar em uma perda auditiva imediata, severa e permanente, conceituada como "trauma acústico".

Já as exposições moderadas podem inicialmente causar uma perda auditiva temporária, que a literatura inglesa denominou TTS (temporary threshold shift).

Finalmente, a perda auditiva permanente, tem sido conhecida popularmente no meio médico como PAIR (perda auditiva induzida por ruído). Se esse ruído é sabidamente ocupacional, alguns têm chamado PAIRO (perda auditiva induzida por ruído ocupacional).

2.3.5 Legislações

Na abordagem das legislações das poluições sonoras, os níveis de tolerâncias são variáveis. Os ruídos de fundo dos grandes centros urbanizados aproximam-se, por si só, dos níveis de tolerâncias descritos na Lei nº 16243/96 Código de Meio Ambiente do Município de Recife, na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, de junho de 2000 e na Resolução CONAMA nº 1, de 08 de março de 1990, conforme apresentado na Tabela 07.

A NBR 10.151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, de junho de 2000, dispõe sobre o procedimento de medição estabelecido durante a pesquisa de campo, além de apresentar uma tabela com o valor máximo em decibéis para cada tipo de área (rurais; urbanas; residências e etc).

Já a NBR 10.152 – Níveis de ruído para conforto acústico, de dezembro de 1987, fixa os níveis de ruídos compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, tais como hospitais, escolas, hotéis, residências e etc.

A Tabela 07 apresenta um resumo da Legislações Nacionais com suas jurisdição e seus níveis máximos de tolerância.

Tabela 07 – Legislações, normas e seus níveis de tolerância.

TIPO DE JURISDIÇÃO		DISPOSITIVO PERTINENTE	TOLERÂNCIA		
NORMA	-				
Lei nº 16.243/96 (Código de Meio Ambiente do Recife)	Recife	Art 51, ítem 3 Quando atingir escola, creche, biblioteca pública, cemitério, hospital, ambulatório, casa de saúde ou similar.	55 dB – dia 45 dB – noite		
		Art 51, ítem 2 Ruídos máximos permitidos nas demais localidades.	70 dB – dia 60 dB – noite		
		Art 55, ítem 3 Não estão incluídos nas limitações de que trata o Art. 51, da Lei, os ruídos produzidos por construções ou obras em geral, devidamente autorizadas.	Respeitados os níveis da NBR 10.151 e NBR 10.152 da ABNT		
ABNT/NBR 10.151, de junho de 2000	Nacional	Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	55 dB(A) diurno 45 dB (A) noturno		
CONAMA nº 1, de 08 de março de 1990	Nacional	III – Na execução dos projetos de construção ou reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10152 – níveis de ruídos para conforto acústico, da ABNT	55 dB(A) diurno 45 dB (A) noturno		
ABNT/NBR 15.575, de maio de 2008	Nacional	edifícios habitacionais devem apresentar	sonoros externos especificados na ABNT NBR 10.151, deve atender aos		

2.3.6 Aspectos importantes da medição dos ruídos em campo

O procedimento estabelecido nesta pesquisa, para medição dos ruídos, levou em consideração os ruídos emitidos pelas execuções de fundação, durante o processo construtivo da fundação de edifícios em áreas urbanas altamente adensadas, verificando suas intensidades dentro e fora da área de construção e analisando o impacto sonoro da execução de estacas de fundações perante a vizinhança da obra. Existem aspectos importantes durante as medições, onde neste item será exposto.

Sugeri-se realizar um maior número de medições nas áreas limites do canteiro de obra estudado, pois as avaliações ambientais dos efeitos sonoros para níveis de constatação de impactos devem constar os ruídos nas regiões limites do terreno onde está instalada a fonte. Importante destacar nos terrenos onde em seu entorno existam edificações verticais (Edifícios) existam estudos de medições de ruídos no sentido vertical, verificando a influência dos ruídos nos andares das edificações vizinhas.

De acordo com Andrade (2004), além das fontes do empreendimento, devem ser consideradas aquelas provenientes das atividades da cidade, que se mostram associadas aos ruídos residuais característico do meio urbano onde se encontre a obra. Sua análise deve ser realizada, de maneira a considerar as fontes da construção civil não só pela potência acústica e direcionada das fontes, mas também pelo tecido urbano, que se circunscreve na vizinhança da obra.

As medições dos ruídos abrangeram quatro tipos de estacas de fundações comumentes utilizadas nas construções dos edifícios em Pernambuco em quatro canteiros de obras distintos.

De uma forma prática e objetiva, devem ser observados os seguintes aprendizados:

- i) Observação do tempo de cravação da estaca;
- ii) Materializar pontos na área de monitoramento dos ruídos, a quantidade de pontos depende diretamente do tempo de cravação da estaca, pois o pesquisador deverá durante a cravação percorrer medindo com decibelímetro os ruídos em cada ponto antes do término da cravação;
- iii) Nas estacas com processo executivo mais lento adota-se um maior número de pontos, pois em cada ponto demarcado com piquete deve ser captado o ruído ambiental provocado pela estaca;
- iv) Nas estacas com processo executivo mais rápido, adota-se um menor número de pontos, conseqüentemente;
- v) Observar os obstáculos existentes no canteiro de obra, pois iniciado a medição o pesquisador deverá ter traçado um itinerário a ser percorrido durante as medições dos pontos.

Analisado-se os detalhes descritos acima, verifica-se que quando os pontos materializados forem distantes, de maneira que impossibilite a cobertura do decibelímetro durante a cravação, sugere-se a utilização de vários decibelímetros e pesquisadores, o que ajudaria o método da pesquisa em dois sentidos: aumentaria o raio de abrangência da malha na captação dos ruídos e a percepção dos ruídos durante a cravação, pois a variação da cravação devido a profundidade modifica a intensidade da onda sonora emitida.

2.4 Material Particulado

Segundo Almeida (1999), o material particulado em suspensão é um termo genérico para uma grande classe de substância químicas existentes na atmosfera na forma de partículas. Fisicamente, apresentam-se como partículas sólidas ou líquidas, e sob uma extensa gama de tamanhos.

Diante da premissa de que o ar é indispensável à vida, o estudo da emissão de material particulado é de suma importância no desenvolvimento de um ambiente equilibrado, devidamente protegido dos níveis prejudiciais dessas emissões.

Segundo Saliba (2007), desde que os primeiros animais começaram a habitar a superfície terrestre, sua respiração se fez através dos pulmões, e tinham de respirar um ar no qual existiam partículas em suspensão. Daí o sistema respiratório ter sido moldado de modo que fosse possível eliminar, inofensivamente, essa quantidade de partículas presentes no meio ambiente. O problema aparece quando essas partículas são inspiradas a uma velocidade tal que o sistema respiratório é incapaz de eliminá-las. Isso ocorre quando a concentração de partículas no ambiente é grande e o tempo de exposição é bem superior à aquele que o organismo dispõe para eliminá-las.

As construções civis são fontes diretas de emissão de materiais particulados, no meio ambiente, dependendo do tipo da construção, fase construtiva e das condicionantes meteorológicas, tais como vento e temperatura. A concentração de material particulado emitido pode alterar consideravelmente a qualidade do ar existente.

2.4.1 Fundamentos básicos dos particulados

Numa definição bem ampla, o material particulado contaminado é todo aquele aerossol que se encontra em suspensão no ar, nocivo à saúde. De acordo com sua formação, os particulados podem ser classificados como sólidos ou líquidos. Como particulados líquidos existem as névoas e neblinas, e como particulados sólidos, as poeiras (fibras) e os fumos.

As poeiras basicamente são partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de um sólido, seja pelo simples manuseio (limpeza de bancadas), seja em consequência de uma operação mecânica (trituração, moagem, peneiramento, polimento, dentre outras).

2.4.2 Avaliações dos particulados

Segundo Resende (2007), existem três tipos de poluentes da qualidade do ar que são importantes para o monitoramento das emissões de material particulado pelos canteiros de obras de edifícios: Material particulado menor que 10 µm (MP10), Partículas totais em suspensão (PTS) e Taxa de poeira sedimentável total (PST).

Por sua vez, Martins (2009), entende em sua dissertação "Caracterização e Avaliação de Poeiras Presentes em Canteiros de Obras de Edificações Vertical" que para uma fiel avaliação das condições ambientais, é necessária a obtenção de todas as informações disponíveis para caracterização de risco à saúde.

No Brasil são regulamentados os padrões para MP10 e PTS. Entretanto, para a taxa de poeira sedimentável total (PST) não foi encontrado nenhum padrão de nível nacional regulamentado.

Resende (2007) avaliou que os particulados na fase de construção de um edifício, assim como em outros tipos de obras, existem em grande variedade de atividades, bastante diferenciadas entre si ao longo da produção, fazendo com que suas emissões apresentem comportamentos diversificados, sob vários aspectos (concentração produzida, tamanho de partícula, composição de partícula, tempo de emissão, entre outros). Essa diversidade, também gera uma variedade de medidas de controle, adaptadas à situação.

Conforme Cowherd Jr et al. (2005) a atividade de construção de estradas constitui uma importante fonte emissora de material particulado. Nas suas amostragens as campanhas foram direcionadas para as operações de terraplenagem por ser o mais importante contribuinte na emissão de material particulados em toda a indústria da construção.

Os métodos de avaliação estabelecem os procedimentos para levantamento de campo e análise laboratorial dos particulados. Desse modo, para a realização da avaliação, os técnicos deverão consultar e seguir as orientações contidas nesses métodos, visando alcançar maior exatidão e embasamento científico nas medições. O laboratório deve estar entrosado com o estudo de campo, de forma a não incorrer em graves erros na quantificação dos particulados.

2.4.3 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

Considera-se o material particulado em suspensão na atmosfera, as partículas sólidas ou líquidas com diâmetro aero-dinâmico equivalente de até $25~\mu m$ - $50~\mu m$, dependendo da direção e velocidade de vento, coletado no amostrador de grande volume - AGV (NBR 9547, 1997).

Para Almeida (1999), partículas totais em suspensão é uma estimativa da massa de partículas totais em suspensão, obtida através do amostrador de grande volume. Compreendem as partículas na faixa de tamanho que vai de poucos micrômetros até cerca de 50 micrômetros.

A partir do descrito na ABNT – NBR 9547 (1997), o amostrador de grandes volumes (Hi-vol) tem como princípio de funcionamento a sucção do ar ambiente, fazendo-o passar por um filtro. O ar ambiente é succionado para o interior do abrigo, através de um motor-aspirador, passando por um filtro de fibra de vidro 8"x10" a uma vazão de 1,1 a 1,7 m³/min, tendo um tempo total de absorção do ar de 24 horas continuas. O material particulado com diâmetro entre 0,1 e 100 micra é retido no filtro e um medidor de vazão registra a quantidade de ar succionada. A concentração de partículas em suspensão no ar ambiente (μg/m³) é gravimetricamente determinada, relacionando-se à massa retida no filtro e o volume de ar succionado.

2.4.4 Instrumentos de medição

Para amostragem de particulados (material particulados menor que 10µm, partículas totais em suspensão) e da taxa de poeira sedimentável total, são necessários os seguintes instrumentos:

i) Amostradores de Grande Volume

Para MP10 e PTS: Conforme Resende (2007), trata-se de um equipamento de baixo custo, de nível de sofisticação técnica e alta durabilidade, sendo bastante indicado para monitoramento nos canteiros de obras. O método de ensaio consiste em instalar um ou mais amostradores em posições estratégicas, aspirando o ar através do filtro, durante um período de 24 horas. A concentração de partículas coletadas do ar ambiente é calculada dividindo-se a massa das partículas coletadas pelo volume do amostrador, sendo expressa em microgramas por metro cúbico (μm/m³). As grandes vantagens dos Amostradores de Grande Volume são: facilidade de manuseio, fabricação por indústria brasileira e sua aceitação em escalas mundiais.

Encontra-se regulamentado pela norma NBR 9547 – Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume de 1997.

Especialmente para determinação de concentração de partículas MP10, o método de ensaio é completado pela NBR 13412 — Material particulado em suspensão na atmosfera — Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas de 1995. Segundo a NBR 13412 (1995), o material particulado inalável compreende partículas em suspensão na atmosfera, com diâmetro equivalente inferior ou igual a 10 μm, instaladas através da boca e do nariz por meio da respiração. A Figura 02 apresenta o amostrador de grande volume acoplado ao separador inercial para coleta de material particulado menor de 10μm.



Figura 02 – Amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas para coleta de MP₁₀. Fonte:Energetica (2009) (obtido em <u>www.energetica.ind.br</u> acesso em novembro de 2009).

Para obtenção dos particulados totais em suspensão (PTS), recomenda-se utilizar os amostradores de grande volume, pois esses equipamento têm a capacidade de absorver uma vazão suficiente para captar essas particulas em suspensão, muitas vezes invisiveis ao olhar humano.

O canteiro de obra tem suas particularidades, pois a problemática dos particulados continua sem as devidas atenções. Entende-se que três fatores afetam o descaso dos estudos: a dificuldade em monitoramento dos níveis de emissão de paticulados pois os equipamentos são expressivamente caros; a dificuldade de análise laboratorial e a instalação dos equipamentos no canteiro de obra.

Dias (2009), no manual de operações do amostrador de grande volume, elenca as principais aplicações do amostrador de grande volume para medições de particulas totais em suspensões,

quais sejam: monitoramento da qualidade do ar, para determinação da concentração de material particulado em suspensão, subsidiando o controle nos estudos de impactos ambientais e para determinação dos níveis preexistentes da qualidade de ar; monitoramento de ambientes industriais internos, no campo da higiene industrial (incluindo coleta de amostras de material altamente tóxicos); e monitoramento de emissões fugitivas de processos industriais, onde não é possível a utilização de amostradores em chaminés/dutos.

A Figura 03 demonstra o Amostrador de Grande Volume para coletas de Partículas Totais em Suspensão.



Figura 03 – Amostrador de grande volume para coleta de PTS. Fonte:Energetica (2009) (obtido em www.energetica.ind.br acesso em novembro de 2009).

A calibração do Amostrador de Grande Volume deve ser realizada antes de ser iniciado o programa de monitoramento da qualidade de ar. Essa calibração serve para checar se o AGV está funcionando adequadamente, dentro das especificações necessárias para coleta do ar. A Figura 04 apresenta o amostrador de grande volume sendo calibrado em campo.



Figura 04 – Calibração do amostrador de grande volume.

Segundo o manual de operação do fabricante (Energética), a calibração do AGV PTS se refere, na realidade, à calibração do registrador de vazão. O registrador é o componente mais crítico do amostrador, pois, com ele, obtém-se a vazão de amostragem, a partir da qual se determina o volume de ar amostrado. Essencialmente, o objetivo de calibração do Amostrador de Grande Volume é correlacionar, por meio do Calibrador Padrão de Volume, a deflexão da pena do registrador com a vazão de ar que passa no filtro.

O amostrador de grande volume deve trabalhar numa faixa de vazão entre 1,1 a 1,7 m³/min. Após calibrado, os valores resultam numa curva (reta) construída a partir de uma linha adquirida por pontos de correlação entre vazão e deflexão da pena. Os pontos correspondem às placas de resistências fornecida no Kit de Calibração. São cinco placas de resistências, onde se levanta cinco pontos para construir a reta. O importante é construir uma curva que cubra a faixa de vazão de 1,1 à 1,7 m³/min, como por exemplo, com pontos de 1,0 à 1,8 m³/min na escala de 0 a 10 da carta gráfica.

ii) Coleta frascos por sedimentação

Durante as campanhas de amostragens nas obras analisadas, verificou-se que a fase de fundação fornece uma concentração bastante elevada, pois ao término de cada campanha o Amostrador de Grande Volume ficava coberto de poeira. Esta poeira sedimentavel produzida no canteiro de obra sedimenta-se instantaneamente, devendo ser detectadas através da metodologia descrita na MB 3402 (1991).

Segundo MB 3402 (1991), define-se como poeira sedimentável aquela presente na atmosfera, susceptível à coleta por sedimentação livre, composta de partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para se depositarem no frasco coletor e bastante pequenas para atravessarem a peneira de 0,84 mm (20 mesh).

Para determinação da Taxa de Poeira Sedimentável Total (PST), utiliza-se equipamentos simples e artesanais. Esse tipo de ensaio visa determinar o incômodo que uma determinada fonte de emissão causa por sedimentação de partículas nas superfícies. A taxa de poeira sedimentável total é determinada em t/Km²x30 dias. O método consiste na coleta de poeira sedimentada em frascos com dimensões aproximadas de 100mm de boca e 200mm de altura, ou volume compatível com o índice pluviométrico e nível de evaporação da região, preenchidos com 250 ml de água destilada ou deionizada e algum tipo de algicida, colocados em ambiente externo sobre postes ou torres de sustentação. Após a coleta, que dura 30 dias, a poeira sedimentável total é determinada em laboratório por gravimetria, através da evaporização da fase líquida da solução de amostragem.

A divisão de estudos e pesquisas, da CPRH (1981), elaborou um Relatório Técnico contendo o resultado do monitoramento ambiental da qualidade do ar referente à Taxa de Poeira Sedimentável, realizado na área do Grande Recife, durante um ano. Com esse trabalho, a CPRH atingiu estimativas de Poluição Atmosférica causada por fontes pontos e fontes aéreas, compreendendo: indústrias, veículos, navios, trens, aviões e cigarros. A partir desse Relatório, o órgão procedeu à classificação da qualidade do ar, à época, na área do Grande Recife, levando em consideração as quantidades de Poeiras Sedimentadas em g/m²/30dias. O relatório contemplou as seguintes médias anuais: 1975: 21,14 g/m²/30dias; 1976: 26,67 g/m²/30dias; 1977: 24,37 g/m²/30dias; 1978: 18,88 g/m²/30dias; 1979: 27,04 g/m²/30dias; 1980: 22,69 g/m²/30dias; e 1981: 15,78 g/m²/30dias.

2.4.5 Efeitos dos particulados no organismo

Os efeitos gerados pela emissão de particulados podem agir de duas formas: a primeira prejudicando organicamente o cidadão e a segunda, prejudicando-o psicologicamente (incômodo). As partículas menores que 10µm são de grande importância, quando se trata dos efeitos nocivos do material particulados, à saúde humana, em razão da facilidade de penetração no sistema respiratório, atingindo os pulmões e em alguns casos a corrente sanguínea.

A poeira pode produzir no organismo as seguintes enfermidades:

- i) Pneumoconiótica: aquela que pode provocar algum tipo de pneumoconiose. Ex.: silicose, asbestose, antracose, bissinose.
- ii) Tóxica: pode causar enfermidade tanto por inalação quanto por ingestão. Ex.: metais como chumbo, mercúrio, arsênico, cádmio, manganês.
- iii) Alérgica: aquela que pode causar algum tipo de processo alérgico. Ex.: poeira de resina epóxi e algumas poeiras de madeira.
- iv) Inerte: produz enfermidades leves e reversíveis, causando geralmente bronquite, resfriado, etc.

Segundo US EPA (2004), os materiais particulados também causam efeitos ao ecossistema prejudicando as plantas e os seres vivos do meio ambiente. A existência humana neste planeta depende da natureza e dos serviços dos ecossistemas que fornecem suporte para vida humana. Os serviços dos ecossistemas são condições essenciais para o equilíbrio da vida ambiente.

2.4.6 Legislação Nacional

A poluição atmosférica gerada pelas construções de edifícios, mesmo não quantificada, é identificada, pela população vizinha à obra, como fonte de promoção do incômodo ambiental na emissão de partículas totais em suspensão.

As contaminações atmosféricas podem ser estacionárias ou móveis. O canteiro de obra vertical (edifício), dentro de uma concepção lógica, apresenta características estacionárias no entendimento horizontal e móvel no entendimento vertical, havendo mudanças do material particulado, quanto à tipologia do poluente e seu alcance de propagação. As fases da construção de um edifício sofrem variações quanto ao tipo, intensidade e propagação dos impactos ambientais que geram.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente instituiu o programa nacional de controle da qualidade do ar (PRONAR) com o objetivo básico de estipular limites, dentro do território nacional, para os níveis de emissão por tipologia de fonte e poluentes prioritários.

Apesar do setor da construção civil desconhecer os níveis de emissão na fase construtiva de um edifício, no Brasil a qualidade do ar é regulada pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990. Ela define os padrões de qualidade do ar em sete parâmetros, sendo eles: primário anual, secundário anual, primário 24 h, secundário 24h, nível de atenção 24h, nível de alerta 24h, nível de emergência 24h.

Quando às concentrações de poluentes atmosféricos estão acima dos padrões primários estabelecidos, significa que a fonte emissora afeta à saúde das pessoas, bem como ocasiona danos à flora, à fauna, aos materiais e ao meio ambiente, em geral.

Os padrões de qualidade do ar norteiam, juridicamente, um limite máximo para concentração de um componente atmosférico e são estabelecidos com base em estudos científicos das causas e efeitos produzidos pela ação de uma dita fonte emissora de poluentes específicos, sendo fixados em níveis que possibilitem uma margem de segurança adequada à garantia e proteção da saúde e do bem estar da população.

Segundo a CETESB (1998), um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garante a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por um poluente específico e são fixados em níveis que possam propiciar uma segurança a população.

A Resolução CONAMA nº 003/90 estabelece dois padrões de qualidade do ar, o padrão primário e o padrão secundário, definindo-os como sendo:

Padrões Primários de Qualidade do Ar: São as concentrações de poluentes que, uma vez ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

Padrões Secundários de Qualidade do Ar: São as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente, em geral.

A referida Resolução determina que os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Ela, ainda, apresenta os padrões nacionais, além de estabelecer os níveis de atenção, alerta e emergência, que auxiliam na execução do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar. A Tabela 08 apresenta os padrões nacionais de qualidade do ar, ao poluente denominado de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

POLUENTE	PADRÃO	PÉRIODO	TIPO DE PADRÃO	VALOR
POLUENTE	FADRAU	PERIODO	TIFO DE FADRAO	
				$(\mu g/m^3)$
	Padrão primário	24 h	Média	240
	Padrão primário	Anual	Média Geométrica Anual	80
	Padrão secundário	24 h	Média	150
	Padrão secundário	Anual	Média Geométrica Anual	60
Partículas Totais em Suspensão	Nível de atenção	24 h	Média	375
	Nível de alerta	24 h	Média	625
	Nível de emergência	24 h	Média	875

Tabela 08 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA N°003/1990).

2.4.7 Aspectos importantes da campanha das Partículas Totais em Suspensão

A campanha de amostragem das Partículas Totais em Suspensão realizada pioneiramente em Canteiros de Obras de Edifícios tem características particulares, pois a avaliação ambiental da poluição atmosférica de uma obra de edifico, até então, nunca tinha sido realizada, principalmente na fase de fundação.

A complexidade da medição da concentração de Partículas Totais em Suspensão na fase de fundação, dentro de um canteiro de obra de edifício, é bastante acentuada, pois as empresas construtoras normalmente terceirizam essa fase. A terceirização da execução das fundações do canteiro de obra apresenta algumas dificuldades, pois o canteiro de obra encontra-se

despreparado e em período de mobilização: sem energia elétrica, sem área de vivência, recebendo a equipe terceirizada da execução da fundação, materiais e equipamentos necessários para inicialização da obra propriamente dita. Em resumo o terreno (canteiro de obra) apresenta características similares a um terreno depósito, onde todo material da antiga obra concluída anteriormente pela empresa encontra-se depositado sem organização alguma, atrapalhando bastante o lay out do canteiro a ser estudado. Essa fase, nas empresas de médio porte, normalmente acarreta ao canteiro de obra uma desorganização.

Uma campanha de amostragem de Partículas Totais em Suspensão utilizando o Amostrador Grande Volume depende, no mínimo, de três definições no canteiro: energia trifásica com instalação do quadro elétrico, uma área isolada para instalação do Amostrador de Grande Volume e definição da área de armazenamento dos insumos. Após essas definições a equipe de avaliação atmosférica pode realizar o estudo *in loco* para instalação do Amostrador de Grande Volume e inicialização da medição das Partículas Totais em Suspensão.

O procedimento estabelecido nesta pesquisa, para medição das Partículas Totais em Suspensão levou em consideração a curiosidade em entender o quanto a fase de fundação contribui, para poluição ambiental atmosférica, durante o processo construtivo de edifícios em áreas urbanas altamente adensadas, verificando a concentração das PTS.

As campanhas de amostragens abrangeram quatro tipos de estacas de fundações comumente utilizadas nas construções dos edifícios em Pernambuco. Inicialmente foi analisada a direção do vento pontualmente no canteiro de obra escolhido, pois as direções publicadas pelos institutos de avaliação meteorológicas diferenciam-se bastante devido às barreiras físicas existentes no entorno dos canteiros de obras avaliados.

Sugeri-se a instalação de uma estação meteorológica compacta simultaneamente a campanha de amostragem da qualidade do ar. Em termos práticos a estação meteorológica compacta deverá fornecer os seguintes dados: temperatura; velocidade do vento; direção do vento; precipitação pluviométrica e pressão atmosférica. Essas informações proporcionaram interpretar melhor os resultados da poluição atmosférica, uma vez que os resultados da qualidade do ar sofrem com qualquer influência climática pontual existente.

De uma forma prática e objetiva, deve-se observar os seguintes aprendizados:

- i) Observação da direção do vento *in loco*;
- ii) Definição do local de instalação do Amostrador de Grande Volume, levando em consideração a direção do vento e o posicionamento da fonte emissora da poluição do ar (estaca), de forma que o amostrador de grande volume receba maior emissão de poluentes conduzidos pelo vento. Aconselha-se próximo ao limite entre o terreno e a vizinhança;
- iii) Anotação de todos os eventos e/ou acontecimentos naturais e artificiais ocorridos durante a campanha, tais como: precipitações, atividades no canteiro e entre outras; e
- iv) Utilizar um maior número de amostradores de grande volume dentro do canteiro de obra, afim de evitar na mudança inesperada da direção do vento falhas da captação dos poluentes. Aconselha-se circular a fonte emissora da poluição atmosférica com vários amostradores.

3. METODOLOGIA

A pesquisa está sendo baseada nos estudos dos impactos ambientais decorrentes da execução de fundações, tais como ruídos e particulados. Inicialmente levantaram-se as referências dentro da literatura. Posteriormente dividiu-se a pesquisa em duas grandes etapas de campo com objetivo de monitorar os impactos dos ruídos e o material particulado na fase de fundação, verificando-se quais os comportamentos dos níveis de incômodos desses impactos nas edificações vizinhas.

O tema da pesquisa é, ainda, pouco aprofundado no Brasil e no mundo, não existindo muitas referências bibliográficas sobre os impactos urbanos dos canteiros de obras e muito menos especificamente sobre impactos gerados na fase de fundação.

3.1 Medição de ruídos

A presente pesquisa utilizou o equipamento denominado popularmente por decibelimetro, uma vez que seu foco principal é a verificação da influência dos ruídos provocados pela execução de fundações no entorno da obra. Para medições ambientais de interesse desta pesquisa os sonômetros ou decibelímetros são devidamente apropriados. O decibelímetro usado nesta pesquisa foi calibrado em 23 de janeiro de 2009, pela Quest Technologies a 3 M company, conforme certificado anexo e, após a calibração, sua primeira utilização ocorreu nesta pesquisa.

Dados do equipamento utilizado na pesquisa: marca Question Technologies; modelo Soundpro SP SE-2-1/1, n/s BBI010003; calibrado no laboratório da Question nos Estados Unidos da America, em 23 de janeiro de 2009, o qual certificou que ele atende os requisitos das normas IEC61672-1-2002 classe 2 medida de metros de som tipo 2, ANSI S1.4-1983(R2001) filtro de oitava banda classe 2, IEC61260:2001 filtros de oitava banda classe 1 e ANSI S1.43-1997 (R2002) para níveis de metros de som tipo 2, conforme certificado de calibração numero: 226105BBI010003. A figura 05 mostra o sonômetro utilizado na pesquisa de campo para medição dos ruídos.



Figura 05 - Sonômetro ou decibelímetro utilizado para medições.

Nessa fase da pesquisa foi realizada coleta de dados em campo, avaliando-se a propagação dos ruídos em quatro diferentes tipos de estacas em fundações profundas. Observou-se os ruídos emitidos por esses quatro diferentes equipamentos de execução de estacas (estaca pré moldada, estaca hélice contínua, estaca de melhoramento tradicional e estaca de melhoramento vibrada terra probe).

No que tange ao estudo de campo dos ruídos, verificou-se a importância de estudar os seus efeitos, dimensão e propagação. Notou-se que a execução das fundações geram efeitos desagradáveis para o sossego residencial da vizinhança. As medições foram realizadas dentro de uma malha construída em dois eixos (X e Y) em dimensões que contemplaram vários pontos dentro da área da obra (terreno em construção) e no entorno da mesma (fora da área do terreno da obra). As medições ocorreram em quatro diferentes tipos de fundações: na primeira obra, estaca tipo pré-moldada de concreto, utilizando pilão à queda livre de 2.800 kg, equipamento utilizado para cravação dos perfis pré-moldados, nomeado popularmente como bate – estaca; na segunda obra, estaca hélice contínua, utilizando-se "uma estaca de concreto moldado 'in loco', executado por meio de trado contínuo e injeção de concreto, sob pressão controlada, através da haste central do trado simultaneamente a sua retirada do terreno" (ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. 1998, p.345); na terceira obra, a estaca foi do tipo melhoramento de solo, onde crava-se um tubo no solo, coloca-se areia e brita em proporções determinadas em projeto, por meio de sucessivas quedas de um pilão, compactando-se o material e ao mesmo tempo o tubo vai sendo retirado do solo; finalmente, a quarta e última obra de medições dos ruídos, foi do tipo estaca de melhoramento terra probe, onde um equipamento chamado de SP-60 é acoplado ao braço de uma escavadeira hidráulica e por meio de vibrações verticais crava-se um tubo metálico com tampa basculante e através de uma carregadeira sobre rodas o material de melhoramento é introduzido no tubo metálico. Os tópicos a seguir apresentam as características dos tipos de estacas estudados, os locais onde foram feitos os estudos e os resultados obtidos.

Para elaboração das curvas de níveis utilizou-se a ferramenta computacional "Sufer 8", sendo os eixos X e Y da malha construída em metros para definição e delimitação da planimetria da área em estudo e o eixo Z dos ruídos em cada ponto da malha em dB para definição da altimetria resultando na curvas de níveis. Com as curvas de níveis pode-se mapear a alcance dos ruídos, sendo as áreas em amarelo denominadas de zona de conforto, onde os níveis de ruídos atendem aos limites máximos estabelecidos pelo código de meio de ambiente da cidade de Recife. Finalmente a construção de gráficos de distribuição espacial dos ruídos buscando entender visualmente o comportamento da propagação dos ruídos na área estudada.

3.2 Medição de material particulados

A metodologia de desenvolvimento está baseada em pesquisa bibliográfica. A pesquisa de campo das Partículas Totais em Suspensões aconteceu em quatro obras de fundações em canteiros de obras de edifícios na cidade do Recife. Realizaram-se quatro campanhas de amostragem durante a cravação e/ou execução das estacas estudadas no período de cinco dias. O tempo de amostragem obedeceu a um período de vinte e quatro horas atendendo a obtenção da média diária da emissão de Partículas Totais em Suspensões. No entanto, para cada obra analisou-se o impacto ambiental da poluição atmosférica referente unicamente ao poluente denominado de Partículas Totais em Suspensões durante a execução de um dia inteiro de estaqueamento em cada canteiro de obra estudado.

Além de estudar as Partículas Totais em Suspensões durante a execução de estacas de fundações nos canteiros, analisou-se a poluição atmosférica (background) durante dias onde não existiram atividades nos canteiros de obras. Inicialmente verificou-se o grau de risco do canteiro de obras, observando os receptores vizinhos mais sensíveis para definição dos locais

dos amostradores. Analisou-se a direção do vento através da inspeção presencial no canteiro de obra e as limitações do canteiro de obra, para posicionar o amostrador.

O primeiro passo metodológico é a preparação laboratorial dos filtros de coleta da poluição atmosférica, esta preparação influência diretamente no resultado da concentração das Partículas Totais em Suspensões, pois deve-se retirar totalmente a umidade dos filtros em laboratório e pesado inúmeras vezes para obtenção do peso constante.

As pesquisas de laboratório foi iniciada na preparação dos filtros. Os equipamentos: amostrador de grande volume, calibrador padrão, termômetro digital e dessecador, foram testados no LABTAM – Laboratório de Tecnologia Ambiental do ITEP.

O procedimento de pesagem dos filtros iniciou em 07 de maio e terminou em 13 de maio de 2010, haja vista ao pequeno tamanho do dessecador armazenando no máximo cinco filtros por vez. Os procedimentos atendem ao informativo técnico da ENERGÉTICA para seleção, preparação e análises de filtros para AGV PTS.

O procedimento que antecede a amostragem é a analise visual dos filtros onde o avaliador verifica alguma incorreção na integridade do filtro como um todo. O filtro estando íntegro sem orifícios, sem manchas e sem dobras pode-se iniciar a instalação do mesmo na amostrador.

A primeira atividade após a inspeção visual foi à numeração dos filtros utilizando uma caneta de ponta porosa nas extremidades do filtro, posteriormente colocou-se no dessecador com sílica por 24 horas. Depois das 24 horas procedeu-se à pesagem dos filtros na balança analítica. Inicialmente enrola o filtro prendendo-o com dois clips abertos para não rasgar o filtro. Pesa-se o filtro enrolado e em seguida pesa-se os clips. Vinte filtros foram pesados, utilizou-se cinco filtros por obras. Previamente foi decidido realizar uma campanha de amostragem em quatro obras, todas em canteiros de obras de edifícios. As obras analisadas compreendiam os seguintes bairros: Boa Viagem (estaca pré moldada); Arruda (estaca de melhoramento vibrada); Rosarinho (estaca hélice contínua); e Várzea (estaca de melhoramento em argamassa). Descreve-se abaixo detalhadamente a preparação dos filtros mencionada neste parágrafo.

Os filtros são compostos por fibra de vidro, um material frágil, portanto, podem ser quebradiços e sujeitos a rasgos quando manuseados de forma incorreta. Assim, cuidados devem ser tomados nos ensaios de campo e do laboratório. A Figura 06 demonstra um filtro de fibra de vidro nas dimensões 203x254 mm.



Figura 06 – Filtro de Fibra de Vidro.

Todos os filtros devem ser inspecionados visualmente, antes de sua pesagem inicial, devendo ser rejeitados aqueles que apresentarem defeitos. A inspeção deve, de preferência, ser feita contra uma fonte de luz plana (igual à usada em checagens de raio-x). Durante a inspeção, portanto, é importante se observar a ocorrência dos seguintes defeitos: pequenos furos, material solto, descoloração, qualquer não-uniformidade do filtro e qualquer outra imperfeição.

Cada filtro utilizado na pesquisa foi numerado em quatro grupos, divididos por obras. Os filtros 1001 ao 1005 referem-se a cinco amostragens da obra nº01; os filtros 2001 ao 2005, a cinco amostragens da obra nº02; os filtros 3001 ao 3005, a cinco amostragens da obra nº03 e, finalmente, os filtros 4001 ao 4005, referem-se a cinco amostragens da obra nº04. Importante utilizar uma caneta ponta porosa a fim de evitar rasgos no sensível filtro, conforme mostrado na Figura 07.



Figura 07 – Anotação do número do filtro de fibra de vidro.

Os filtros devem ser equilibrados em dessecador por pelo menos 24 horas, antes de serem pesados. A equilibração em dessecador é o procedimento de retirada da umidade absorvida pelo filtro em meio ambiente. Dentro do dessecador foi colocado 1 Kg de sílica gel. Devido ao espaço interno do dessecador, a cada 24 horas, o mesmo equilibrou cinco filtros.

A preparação de colocação dos filtros no dessecador com a numeração obedeceu as seguintes fases: numeração dos filtros, enrolamento do filtro no formato cilíndrico, colocação de dois clips nas pontas extremas do filtro, impedindo que abrissem, e colocação, dos mesmos, no dessecador por 24 horas. O clips é inicialmente aberto para facilitar e impedir atritos grosseiros que possam rasgar o sensível filtro.

A Figura 08 apresenta a metodologia para dobrar o filtro sem romper suas fibras e finalmente caber no dessecador com sílica.



Figura 08 -Filtro de fibra de vidro preparado para dessecar.

A Figura 09 apresenta o dessecador utilizado na pesquisa com quatro filtros para equilibração dos mesmos.



Figura 09 - Dessecador com sílica e filtros de fibra de vidro.

O procedimento de pesagem, após 24 horas de equilibração dos filtros no dessecador, atende as seguintes etapas:

- Abertura do dessecador e retirada do filtro;
- Ligar a balança analítica com resolução de pelo menos 0,1 mg e precisão 0,5 mg;
- Zerar a balança analítica e colocar o filtro na posição vertical no centro da bandeja;
- Repetir o procedimento de pesagem até obtenção de peso constante;
- Anotar o peso do filtro com os clips;
- Pesagem dos clips;
- Deduzir do peso total do filtro com os clips, o peso do clips, para obter o peso do filtro.

A Figura 10 apresenta uma balança analítica com resolução menor que 0,1 mg utilizada para pesagem dos filtros.



Figura 10 -Balança analítica.

Após a preparação dos filtros inicia-se a instalação do amostrador de grande volume no canteiro de obra, desde que o canteiro disponha de energia elétrica para utilização do referido amostrador. O equipamento recolhe uma certa quantidade do ar ambiente através de um filtro, instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas (nominais). A vazão imprimida pelo aparelho, dentro da faixa de 1,1 m³/min. a 1,7 m³/min., bem como a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favorecem a coleta de partículas de até 25-50μm (diâmetro aerodinâmico).

A Figura 11 mostra o amostrador de grande volume utilizado na pesquisa. Esse amostrador de grande volume pertence à Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH).



Figura 11 – Amostrador de grande volume.

É possível verificar o amostrador de grande volume com a porta aberta, na sua parte superior, o teto aberto, a moldura de aperto do filtro e a porta filtro. Na parte vertical identifica-se: a casinhola, a porta vertical aberta, o painel de controle (com vari-vol, voltímetro, timer horâmetro, chave liga-desliga, sinaleiro e portafusível), porta moto aspirador e o registrador da carta gráfica, representado na Figura 12.



Figura 12 – Amostrador de grande volume com as portas abertas.

O amostrador de grande volume deve ser calibrado antes da campanha de amostragem pelo calibrador padrão de volume. Usualmente a calibração acontece exatamente no lugar onde o amostrador realizará a campanha de amostragem.

O calibrador padrão de vazão é um calibrador secundário, calibrado, por sua vez, com um medidor padrão de volume de deslocamento positivo (tipo Roots, por exemplo), também secundário, rastreável a um padrão primário.

A calibração do AGV PTS se refere, na realidade, à calibração do registrador de vazão. O registrador é o componente mais crítico do amostrador, pois, com ele, obtém-se a vazão de amostragem, a partir da qual se determina o volume de ar amostrado. Essencialmente, o objetivo da calibração do AGV PTS é correlacionar, por meio do CPV, a deflexão da pena do registrador com a vazão de ar que passa no filtro. A Figura 13 apresenta a maleta do calibrado padrão de vazão utilizado na pesquisa.



Figura 13 – Maleta do Calibrador Padrão de Vazão.

A maleta do calibrador padrão de vazão é do tipo simples, composta de cinco placas múltiplas. O calibrador é fornecido com um copo contendo um orifício; um conjunto de cinco placas circulares de resistência, respectivamente com 5, 7, 10, 13 e 18 furos; um manômetro de coluna contendo um líquido indicativo de densidade 1,0 e com 400 mm na escala e uma mangueira flexível para ligação do copo de orifício ao manômetro. A Figura 14 apresenta todos esses acessórios.



Figura 14 – Calibrador Padrão de Vazão dentro da Maleta.

Em detalhes os procedimentos metodológicos da calibração do amostrador de grande volume consistem, após a instalação do AGV na posição definitiva da campanha de amostragem, a montagem do kit de calibração na AGV, contendo o copo de orifício, cinco placas circulares de resistências (5; 7; 10; 13 e 18), manômetro de coluna contendo um líquido de densidade 1,0 e com 400 mm na escala e uma mangueira flexível para ligação do copo de orifício ao manômetro, instala-se a carta gráfica no AGV, liga-se o AGV por quinze minutos aquecendo

o moto aspirador, instala-se uma placa de resistência me ato contínuo liga-se o chave liga/desliga do painel de controle, anota-se as duas leitura do líquido do manômetro nas extremidades (alta e baixa), desliga-se o AGV, retira-se a carta gráfica e anota-se a deflexão atingida referente a placa de resistência utilizada, repete-se o mesmo procedimento utilizando as cinco placas de resistências. Durante a calibração auferi-se a temperatura e a pressão barométrica anotando seus respectivos valores. Calcula-se através da equação da vazão volumétrica de calibração as vazões referente a cada placa de resistência. Finalmente correlaciona-se as cinco deflexões do registrador obtido na calibração com as cinco vazões de ar (vazão volumétrica) obtida na equação, constrói a curva (reta) de calibração através da correlação das vazões volumétricas e deflexões, obtendo a equação linear de calibração (Y=ax+b).

Para definição do incômodo ambiental dos materiais particulados, utilizou-se apenas um padrão de poluição atmosférica: Partículas Totais em Suspensão, onde a calibragem atendeu a vazão estabelecida na NBR 9547.

O equipamento utilizado é denominado de amostrador de grande volume - AGV. Trata-se de um equipamento de baixo custo, de nível de sofisticação técnicas e alta durabilidade, sendo bastante indicado para monitoramento nos canteiros de obras. O método de ensaio consiste em instalar amostrador em posições estratégicas, aspirando o ar através do filtro, durante um período de 24 horas. A concentração de partículas coletadas do ar ambiente é calculada dividindo-se a massa das partículas coletadas pelo volume aspirado pelo amostrador, sendo expressa em microgramas por metro cúbico (μg/m³). Encontra-se regulamentado pela norma NBR 9547 (1997) — Material particulado em suspensão no ar ambiente — Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume de 1997.

A pesquisa de qualidade do ar, abrangeu esses quatro canteiros de obras de edifícios, o amostrador ficou por cinco dias em cada canteiro, onde dois dias coletaram o background e três dias coletaram a emissão de particulados durante a execução das fundações.

O posicionamento do equipamento ficou condicionado a quatro fatores: o primeiro na área limite do terreno verificando a influência da poluição perante a vizinhança; o segundo a direção do vento observada no local, terceiro a direção do processo construtivo da execução da fundação visando receber a contribuição desta especifica fonte poluidora; e quarto as

limitações dos canteiros de obra, tais como: proximidade a ponto de tomada de energia, espaço físico do canteiro para instalação do equipamento sem obstruções permanentes e/ou temporária e distante do caminho crítico da obra, visando não atrapalhar o processo construtivo no aspecto das atividades evitando interferências na produtividade construtiva. Esses fatores proporcionou o amostrador obter a maior concentração de material particulado emitidos pelas execuções de estacas de fundações.

O canteiro de obra de construção de edifícios produzem durante seu processo construtivo diversos tipos de material particulados, tanto em sua composição química, como na sua classificação do seu diâmetro aerodinâmico. Durante a terraplenagem, demolição e preparação do terreno observa-se visualmente como principal material particulado a emissão de poeira sedimentável total (PST). A taxa de poeira sedimentável total visa determinar o incômodo que uma determinada fonte de emissão causada por sedimentação de partículas nas superfícies. Segundo a MB-3402 poeira sedimentável é a poeira presente na atmosfera, susceptível à coleta por sedimentação livre composta por partículas solida ou liquidas, suficientemente grandes para se depositarem no frasco coletor e bastante pequenas para atravessarem a peneira de 0,84 mm. A taxa de poeira sedimentável total é determinada em t/Km²x30 dias. O método consiste na coleta de poeira sedimentada em frascos com dimensões aproximadas de 100mm de boca e 200mm de altura, ou volume compatível com o índice pluviométrico e nível de evaporação da região, preenchidos com 250 ml de água destilada ou deionizada e algum tipo de algicida, colocados em ambiente externo sobre postes ou torres de sustentação. Após a coleta que dura 30 dias, a poeira sedimentável total é determinada em laboratório por gravimetria, através da evaporização da fase líquida da solução de amostragem. A maior barreira existente no Brasil para este ensaio é a falta de parâmetros de regulamentação oficiais para a taxa de poeira sedimentável total. Os parâmetros internacionais tem metodologias diferentes no entanto não servem de comparação.

Finalmente a obtenção da concentração de partículas totais em suspensão, onde calcula-se a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. Os cálculos advêm dos seguintes passos:

1º Passo: Peso Líquido da amostragem do Particulado = massa do filtro depois - massa do filtro antes;

- 2º Passo: Obtenção do Volume de Ar amostrado, através da multiplicação da vazão pelo tempo;
- 3º Passo: Obtenção do tempo de amostragem, através da leitura da carta gráfica na escala de 15 minutos;
- 4º Passo: Obtenção da concentração de particulados resulta da divisão do peso líquido amostrado dos Particulados em microgramas, pelo volume de ar amostrado em metros cúbicos. Para calcular microgramas multiplica-se a massa líquida em gramas por um milhão, obtendo-se a unidade de medida microgramas.

4. RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa dividem-se em dois, durante o acompanhamento de oito obras de fundações, dividida em duas fases: a primeira fase os estudos dos ruídos em quatro tipos de estacas, sendo: estaca pré moldadas; estaca hélice contínua; estaca de melhoramento em argamassa; estacas de melhoramento vibrada e na segunda fase os estudos dos particulados em quatro tipos de estacas, sendo: estaca pré moldadas; estaca hélice contínua; estaca de melhoramento em argamassa; estacas de melhoramento vibrada. No entanto, os dois grupos de resultados dividiram-se nos estudos da poluição sonora ambiental e na poluição atmosférica ambiental em quatro tipos iguais de estacas em oito canteiros de obras diferentes.

4.1 Pesquisa de campo dos ruídos

A pesquisa de campo dos ruídos aconteceu em quatro obras de fundações em canteiros de obras de edifícios na cidade do Recife. O monitoramento ocorreu durante a cravação e/ou execução das estacas estudadas. No entanto, para cada obra analisou-se o impacto ambiental dos ruídos durante a execução de uma estaca de fundação em cada canteiro de obra estudado.

4.1.1 Obra número 1 (Estaca pré-moldada de concreto)

A execução da fundação analisada é estaca pré-moldada de concreto, tipo Solo Santini, cravada à percussão, utilizando pilão à queda livre de 2.800 kg, sendo foi definida em virtude das características geotécnicas do terreno. Essa fundação foi projetada para uma edificação de estrutura aporticada de concreto armado com 18 lajes. Há um total de doze pilares na lâmina e vinte pilares na periferia. As cargas verticais permanentes na lâmina variam de 2.960 a 6.530kN e na periferia de 86 a 374kN. A obra investigada, localizada no bairro de Boa Viagem, em Recife, foi executada por uma construtora de médio porte. A estaca pré moldada estudada tem 18 metros de comprimento distribuídos em 3 perfis de 6 metros

Nesta pesquisa, verificou-se o ruído emitido pela cravação a percussão da estaca E7 / Pilar 10, de três perfis de doze metros.

A Figura 15 apresenta uma imagem panorâmica da frente da obra número 1 (estaca prémoldada de concreto). Pode-se observar o confinamento do terreno, além dos edifícios ao redor da futura construção.



Figura 15 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 1 (estaca pré-moldada de concreto).

4.1.1.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos

A obra analisada, situada no bairro de Boa Viagem, encontra-se confinada por três edifícios, sendo dois em suas laterais e um edifício de grande porte em sua retaguarda. O bairro é bastante adensado, próximo ao maior shopping da cidade do Recife (Shopping Center Recife) e esta envolvido por uma malha urbana bastante mista, com imóveis residenciais e comerciais. A Figura 16 demonstra numa vista aérea o adensamento habitacional no entorno da referida obra.



Figura 16 – Imagem aérea da obra nº 01 (estaca pré-moldada de concreto).

A Tabela 09 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Tabela 09 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

Tabela 07 Bados increolológicos da 1 CB do Banto do Bongi.								
BAIRRO	DATA	TEMPERATURA	ERATURA VELOCIDADE		PRECIPITAÇÃO			
	DATA	DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA			
Boa	09/04/2009	Não houve coleta de dados pela PCD (Plataforma de Coleta de						
Viagem	09/04/2009	Dados)						

4.1.1.2 Medições dos ruídos

Na Figura 17 apresenta a malha de pontos da obra número 1 (estaca pré-moldada de concreto), observou-se um confinamento do referido terreno proveniente das edificações construídas no entorno do terreno estudado.

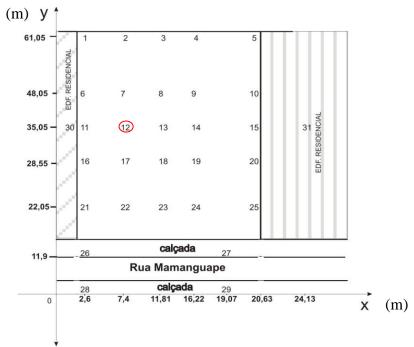


Figura 17 – Malha de pontos da obra número 1 (estaca pré-moldada de concreto).

A Tabela 10 apresenta a medição do ruído nos trinta e um pontos locado na malha construída.

Tabela 10 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 1 (estaca pré-moldada de concreto).

						(r				
PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X (m)	2,6	7,4	11,81	16,22	20,63	2,6	7,4	11,81	16,22	20,63	2,6
Y (m)	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	48,05	48,05	48,05	48,05	48,05	35,05
Z (dB)	90,9	78,1	91,3	87,1	88,9	93,4	80,1	90,4	86,4	88	82,9
PONTO	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
X (m)	7,4	11,81	16,22	20,63	2,6	7,4	11,81	16,22	20,63	2,6	7,4
Y (m)	35,05	35,05	35,05	35,05	28,55	28,55	28,55	28,55	28,55	22,05	22,05
Z (dB)	95,7	94,2	89	87,2	87	87,9	90	85,1	88,6	82,9	88,3
PONTO	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
X (m)	11,81	16,22	20,63	2,6	19,7	2,6	19,7	0	24,13		
Y (m)	22,05	22,05	22,05	11,9	11,9	0	0	35,05	35,05		
Z (dB)	87,1	88,2	85,1	77,4	75,7	81,2	78,8	94,9	84,6		

A maior medição encontrada foi nas coordenadas número 12 (7,4; 35,05) assumindo um valor de 95,7 dB, localizadas no ponto exato da fonte de emissão dos ruídos, e a menor medição encontrada foi nas coordenadas número 27 (19,7; 11,9) assumindo um valor de 75,7 dB.

As medições dos ruídos abrangeram 31 pontos dentro de uma malha concebida dentro e fora da área construída. Em cada ponto da referida malha foram realizadas quatro medições de ruídos, contudo para realização da pesquisa analisou-se apenas o maior valor obtido em cada ponto.

No caso especifico da fundação de estaca pré-moldada de concreto, as medições dos ruídos dentro da malha concebida apresentou uma variação bastante interessante, apresentando uma intensidade de ruídos variando entre 75,7 dB até 95,7 dB.

A Figura 18 apresenta a distribuição espacial dos ruídos da estaca pré-moldada da obra nº 1. Excepcionalmente, na estaca pré-moldada, os ruídos apresentaram um comportamento graficamente analisado de forma descontínua, não se identificando a razão direta, apesar de se saber que as condicionantes locais, tais como o efeito do vento, o confinamento do terreno, as barreiras acústicas (construções), entre outras, interferem na propagação desses ruídos.

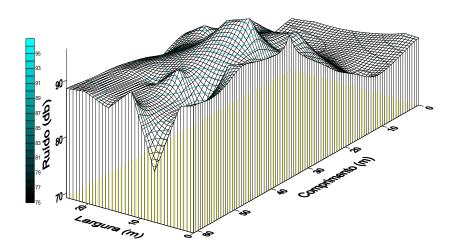


Figura 18 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca pré-moldada.

Analisou-se de forma planimétrica a influência dos ruídos dentro da malha estudada, para confrontar seus níveis com o nível máximo de tolerância ordenado pela legislação municipal de Recife, a qual estabelece 70 dB como nível limite de tolerância.

Na figura 19 são apresentados os níveis de ruídos na malha de pontos. Verifica-se que a fundação estudada não apresentou em nenhum ponto da malha níveis de ruídos inferiores aos indicados pelas legislações aplicáveis. Em qualquer ponto da área estudada os níveis de ruídos desobedecem ao estabelecido pelas legislações e normas. Observa-se que os pontos 12 e 30

apresentaram os maiores níveis de ruídos, sendo 95,7dB e 94,9 dB respectivamente. O ponto 12 corresponde à fonte emissora e o ponto 30 no primeiro pavimento da edificação vizinha.

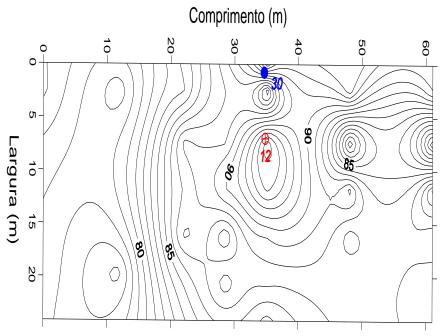


Figura 19 – Isolinhas coletados na malha de pontos.

Essa primeira coleta, apesar de experimental, demonstrou a importância da avaliação do ruído. No período da medição foi observado o transtorno que uma obra de fundação utilizando o bate-estaca proporciona à vizinhança. Inúmeros moradores reportaram-se aos pesquisadores para desabafar a insatisfação do incômodo do ruído durante a atividade de fundação.

A atividade de medição de ruído das estacas pré-moldadas na quinta-feira do dia 9 de abril de 2009, na Rua Mamanguape, bairro Boa Viagem, uma obra da Construtora de médio porte, notou que os ruídos são produzidos pela cravação de uma estaca pré-moldada de concreto, em especial o choque do pilão com a estaca. Durante a permanência da medição, foi executada a inserção de três perfis, fornecendo condições de obtenção de vinte e cinco pontos dentro do terreno da construção e seis pontos no entorno da obra, sendo quatro pontos na calçada e dois pontos nos prédios vizinhos. Concebeu-se uma malha dentro da área da construção com vinte e cinco pontos, onde foram registradas quatro medições por ponto. E, no entorno da obra, coletou-se seis pontos, possibilitando a coleta de quatro medições em cada ponto, por duas vezes, em momentos diferenciados. Observa-se que o ruído de fundo de 49 dB da rua Mamanguape em Boa Viagem, rua esta com o mínimo de movimentações de automóveis torna-se uma rua bastante silenciosa e a atividade construtiva influência no sossego público.

Fazendo-se uma comparação com os resultados obtidos por Gonçalves et al. (2010) no monitoramento dos ruídos provenientes da cravação de estacas pré fabricadas em concreto, na cidade de Santos/SP, em janeiro de 2007, com os resultados obtidos nesta pesquisa, durante o monitoramento dos ruídos provenientes também da cravação de estacas pré fabricadas de concreto na cidade de Recife/PE, em 2009, ambas utilizando o decibelímetro, para medição dos ruídos, e o bate estaca, para cravação das estacas, verificou-se que os ruídos provocados por esse tipo de estacas são semelhantes em ambos os casos.

A Tabela 11 compara os dois resultados para efeito de consolidação das medições. Observa-se que os resultados se aproximam, sabendo-se que as influências externas do ambiente, as barreiras físicas existente no entorno e em outros pontos influenciam as medições dos ruídos ambientais.

Tabela 11 – Comparação dos resultados das obras: Santos/SP x Recife/PE.

Pontos de medição dos ruídos	Distância do bate- estaca (m)	Ruído de impacto dB	Distância do bate- estaca (m)	Ruído de impacto dB
Tuldos	Obra Santos/SP	Obra Santos/SP	Obra Recife/PE	Obra Recife/PE
Externo das obras (vizinho à esquerda)	± 8	82	*± 7,4	*94,9
Externo das obras (vizinho à direita)	± 10	76	± 16,73	84,6
Interior da obra (fundo à direita)	± 8	83	± 8,86	86,4
Interior da obra (fundo ao centro)	± 15	82	± 26	78,1
Interior da obra (fundo à esquerda)	± 10	84	± 13	93,4
Interior da obra (frente à direita)	± 5	88	± 4,41	90
Interior da obra (frente ao centro)	± 10	84	± 13	88,3
Interior da obra (frente à esquerda)	± 8	85	± 6,5	87

Fonte: Adaptado de Gonçalves, Bernardes e Neves (2010)

^{*}Importante destacar que esse ponto foi medido na altura do encontro da queda do pilão do bate estacas com as estacas, sendo medido no primeiro pavimento da edificação vizinha.

4.1.2 Obra número 2 (Estaca Hélice Contínua)

A execução da fundação analisada é do tipo hélice contínua, sendo um dos mais modernos métodos construtivos de fundação profunda, e foi definido em virtude das características geotécnicas do terreno e planejamento de viabilidade da obra.

Essa fundação foi projetada para duas edificações de estrutura aporticada de concreto armado. Há um total de dezenove pilares na lâmina de cada edificação e cinqüenta e três pilares na periferia. As cargas verticais permanentes na lâmina variam de 2.070 a 7.050 kN e na periferia de 80 a 710 kN.

Nesta pesquisa, mediu-se o ruído emitido na execução da estaca hélice contínua da estaca E75 / Pilar 05 obteve uma profundidade de 35 metros. A obra foi realizada por uma empresa de médio porte, no bairro de Boa Vista, em Recife.

A Figura 20 demonstra o equipamento da estaca hélice contínua sendo empregado no terreno para execuções das estacas. Uma grande quantidade de resíduo do solo é depositado na superfície do terreno.



Figura 20 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 2 (estaca hélice contínua).

4.1.2.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos

A Figura 21 apresenta uma vista aérea da obra número 2 (estaca hélice contínua), verificandose que o bairro da Boa Vista é basicamente composto por edificações horizontais. O terreno da obra estudada,tem à frente e ao fundo ruas asfaltadas, restando apenas um confinamento lateral de duas casas.



Figura 21 – Imagem aérea da obra nº 02 (estaca hélice contínua).

A Tabela 12 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Tabela 12 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

DAIDDO	DATA	TEMPERATURA	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO				
BAIRRO	DATA	DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA			
D W:-4-	17/04/2000	Não houve coleta de dados pela PCD (Plataforma de Coleta de						
Boa Vista	17/04/2009	Dados)						

4.1.2.2 Medições dos ruídos

O terreno estudado composto por residências em seu entorno apresentou limitações, tais como: espaço curto para entrada de equipamentos; dificuldade de locomoção e etc. A Figura 22 apresenta a malha de pontos da obra número 2 (estaca hélice contínua).

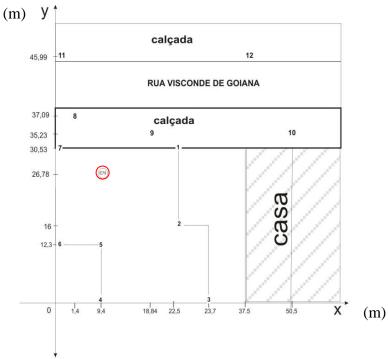


Figura 22 – Malha de pontos da obra número 2 (estaca hélice contínua).

Os ruídos emitidos provém do equipamento normalmente empregado para executar a hélice no terreno, através da rotação da mesma. Além do ruído emitido pelo caminhão betoneira, responsável pela concretagem da estaca.

As medições dos ruídos abrangeram 13 pontos dentro de uma malha concebida dentro e fora da área construída. A Tabela 13 demonstra os resultados dos ruídos nos treze pontos da malha concebida, onde o ponto E75 representa exatamente a fonte emissora.

Tabela 13 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 2 (estaca hélice contínua).

PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	E75
X (m)	22,5	22,5	23,7	9,4	9,4	0	0	1,4	18,84	50,5	0	37,5	9,4
Y (m)	30,47	16	0	0	12,3	12,3	30,53	37,09	35,23	35,23	45,99	45,99	26,78
Z (dB)	81,7	80,8	75,6	76,7	84,3	83,7	82,6	74,7	78,7	69,4	71	73,5	85,7

A fundação de estaca hélice contínua apresentou medições dos ruídos dentro da malha numa intensidade variando entre 69,4 dB até 85,7 dB, como esperado.

A maior medição encontrada foi nas coordenadas número E75 (9,4; 26,78), assumindo um valor de 85,7 dB. Essa coordenada localiza-se na fonte de emissão dos ruídos. A menor medição encontrada foi nas coordenadas de número 11 (50,5; 35,23) assumindo um valor de 69,4 dB.

Na Figura 23, verifica-se a distribuição espacial dos ruídos da estaca hélice contínua da obra n°2. Numa análise gráfica planialtimétrica, o eixo z (ruídos) comporta-se de forma decrescente e bastante suave. Na medida em que se distancia da fonte do ruído a intensidade diminui. Importante lembrar que a execução desse tipo de fundação é realizada por um gigante trado rotacionado no terreno.

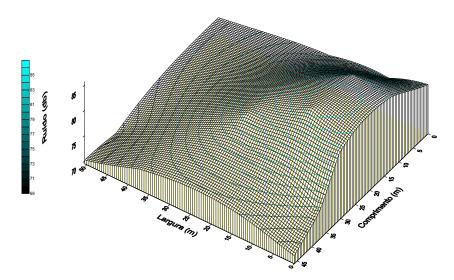


Figura 23 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca hélice contínua.

As análises revelaram um único ponto (Ponto 10), na malha estudada, abaixo do nível de tolerância estipulado pela norma, ou seja, menor que 70 dB. O valor do ruído do ponto 10 é 69,4 dB, bem próximo ao limite máximo permitido. A fonte emissora do ruído encontrava-se em E75 numa distância aproximada de 40 metros. Para possibilitar uma melhor interpretação, a área graficamente pintada de amarelo compreende geometricamente níveis de tolerância estipulados na norma, como mostra a Figura 24.

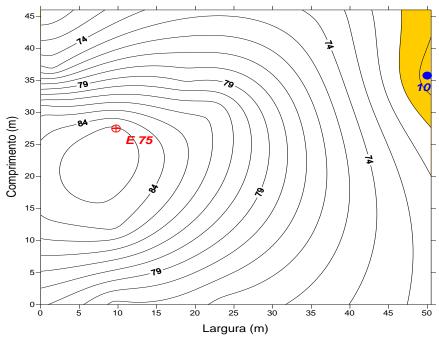


Figura 24 – Isolinhas coletadas na malha de pontos.

Notou-se que as medições de ruídos em estacas hélice contínua, na sexta-feira, do dia 17 de abril de 2009, na Rua Visconde de Goiana, Bairro da Boa Vista, numa obra da Construtora de médio porte, era fruto do somatório da rotação do trado contínuo da estaca e da injeção de concreto sob pressão controlada do caminhão betoneira. Concebeu-se uma malha dentro da área da construção com treze pontos. E, no entorno da obra, coletou-se cinco dos treze pontos analisados. Além do ruído de fundo analisado no valor de 63 dB, pois o Bairro da Boa Vista fica perto do centro da cidade e a obra analisada próxima ao colégio salesiano com um movimento de trafego pouco intenso.

4.1.3 Obra número 3 (Estaca de Melhoramento)

A execução da fundação analisada é do tipo estaca de melhoramento e foi definida em virtude das características geotécnicas do terreno e do planejamento de viabilidade da obra.

Essa fundação foi projetada para uma edificação de estrutura aporticada de concreto armado, sendo um total de onze pilares na lâmina e nove pilares na periferia. Essa obra foi realizada por construtora de pequeno porte e está localizada no bairro da Madalena, em Recife.

Nesta pesquisa, verificou-se o ruído emitido na execução da estaca melhoramento, estaca F2 / Pilar 10, que na malha construída caracteriza-se pelo Ponto 5.

A Figura 25 apresenta a imagem panorâmica do entorno da obra número 3 (estaca de melhoramento).



Figura 25 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 3 (estaca de melhoramento).

4.1.3.1 Aspectos do entorno (vizinhança)e dados meteorológicos

A obra analisada encontra-se instalada em um terreno de esquina, no bairro da Madalena, confrontando-se, lateralmente, com duas casas.

A Figura 26 apresenta uma visão do terreno da obra estudada, além dos aspectos da vizinhança predominantemente residencial.



Figura 26 – Imagem aérea da obra nº 03 (estaca de melhoramento).

A Tabela 14 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Tabela 14 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

BAIRRO DAT	DATEA	TEMPERATURA	VELOCIDADE	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO
	DATA	DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA
Madalena	29/04/2009	28,50 °C	5,25 m/s	SSE	29,25 mm

4.1.3.2 Medições dos ruídos

O terreno de esquina tem em sua proximidade um edifício residencial no outro lado da rua e uma casa imediatamente a sua esquerda. A Figura 27 apresenta a malha de ponto da obra número 3.

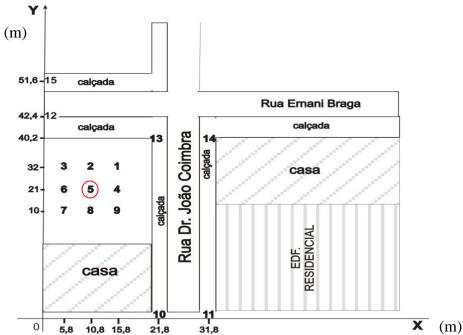


Figura 27 – Malha de pontos da obra número 3 (estaca de melhoramento).

As medições abrangeram 15 pontos dentro de uma malha concebida, dentro e fora da área construída. A Tabela 15 apresenta os quinze pontos com os resultados dos ruídos em dB em cada um deles.

Tabela 15 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 3 (estaca de melhoramento).

PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X (m)	15,8	10,8	5,8	15,8	10,8	5,8	5,8	10,8	15,8	21,8	31	0	21,8	31	0
Y (m)	32	32	32	21	21	21	10	10	10	0	0	42,4	40,2	40,2	51,6
Z (dB)	90,4	94,3	97,4	98,2	107	95,4	92,4	93	91,7	69,5	73,8	69,2	81,9	85	81,1

A maior medição encontrada foi nas coordenadas número 5 (10,8; 21) assumindo um valor de 107 dB. Essa coordenada se localiza no ponto exato da fonte de emissão dos ruídos. Já a menor medição encontrada foi nas coordenadas de número 12 (0,0; 42,4), assumindo um valor de 69,2 dB.

A Figura 28 apresenta a distribuição espacial dos ruídos. Observou-se um grande pico de ruído no ponto da fonte emissora. Na medida em que se distancia da mesma, a intensidade do ruído diminui. Importante destacar que apesar da distribuição espacial dos ruídos de estaca de melhoramento lembrar bastante a interpretação gráfica da estaca hélice contínua, o mecanismo de execução é totalmente diferente.

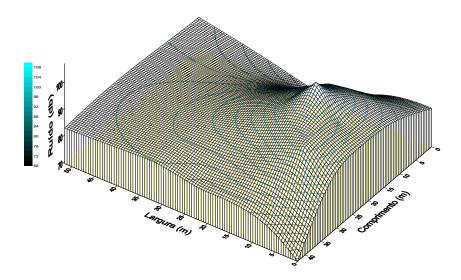


Figura 28 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca de melhoramento.

A Figura 29 apresenta o estudo de isolinhas, onde observa-se as áreas dos Pontos 10 e 12 obedecendo aos níveis de ruídos estabelecidos pelas legislações e normas. As análises revelaram que há dois pontos, Ponto 10 e Ponto 12, na malha estudada, que apresentam nível de tolerância abaixo do estipulado pela norma. A fonte emissora se encontra no Ponto 5. Para possibilitar uma melhor interpretação, a área graficamente pintada de amarelo compreende, geometricamente, níveis de tolerância abaixo dos estipulados pela norma.

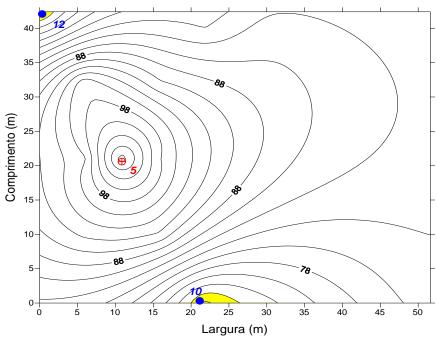


Figura 29 – Isolinhas coletadas na malha de pontos.

Na medições de ruído em estacas de melhoramento, na segunda-feira do dia 20 de abril de 2009, na Rua Ernane Braga, Bairro Madalena, Edifício Amsterdam, uma obra da Construtora de pequeno porte, notou-se que os ruídos produzidos eram oriundos do equipamento de bate-estaca utilizado na construção de estacas de melhoramento de argamassa. Esse tipo de fundação tem a finalidade de melhorar a compacidade do terreno para suportar fundações superficiais de sapatas. Construiu-se uma malha dentro da área da construção com quinze pontos. E, no entorno da obra, coletou-se seis dos quinze pontos analisados. Além do ruído de fundo da ordem de 51 dB, onde analisou-se que o local prevalecia um silêncio considerado trangüilo com pouca movimentação de automóveis.

4.1.4 Obra número 4 (Estaca de Melhoramento vibrada)

O tipo de fundação analisada é bastante rara no Brasil. O equipamento é finlandês, utilizado pela primeira vez em solos brasileiros. O processo é interessante, denominado na literatura internacional de Terraprobe.

Essa fundação foi projetada para uma edificações de estrutura aporticada de concreto armado com 25 pavimentos. Há um total de 785 estacas de melhoramento executadas dentro da lâmina da edificação. O diâmetro do tubo metálico utilizado para na cravação para introdução do material de melhoramento tem diâmetro de 300 mm.

Nesta pesquisa, mediu-se o ruído emitido na execução de uma estaca de melhoramento vibrada com uma profundidade variando entre 5 e 6 metros. A obra foi realizada por uma empresa de médio porte, no Bairro de Torre, em Recife.

A Figura 30 apresenta a imagem panorâmica do entorno da obra número 4 (estaca de melhoramento vibrada).



Figura 30 – Imagem panorâmica do entorno da obra número 4 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 16 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Tabela 16 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

DAIDDO	DATA	TEMPERATURA	VELOCIDADE	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO
BAIRRO DATA		DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA
Madalena	29/04/2009	27,81 °C	5,84 m/s	SSE	Não houve coleta pela
Madalena		27,81 C	3,84 m/s	SSE	PCD

4.1.4.1 Aspectos do entorno (vizinhança)

A obra acompanhada, situada no Bairro da Torre, em terreno de esquina, possui, apenas, edificações horizontais como confrontantes.

A Figura 31 apresenta uma vista aérea da obra número 4, onde nota-se que a leste do terreno estudado há uma expansão de edificações verticais crescente.



Figura 31 – Imagem aérea da obra nº04 (estaca de melhoramento vibrada).

4.1.4.2 Medições dos ruídos

A Figura 32 apresenta a malha de pontos obtida através de medições in loco na área estudada.

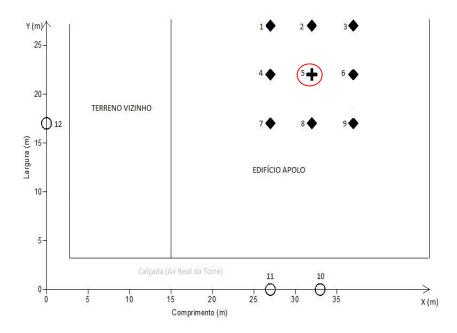


Figura 32 – Malha de pontos da obra número 4 (estaca de melhoramento vibrada).

As medições abrangeram 12 pontos, sendo nove pontos dentro do terreno da construção e três pontos fora da área construída. A Tabela 17 apresenta os resultados dos doze pontos locados na malha de pontos.

U	71a 17 – IVIC	uições	uos ru	nuos r	Janzau	as na (ora m	illicio .	+ (Csta	ca uc i	псшог	anicin	J viola
	PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	X (m)	27	32	37	27	32	37	27	32	37	33	27	0
	Y (m)	27	27	27	22	22	22	17	17	17	0	0	17
Ī	Z (dB)	85,8	87,2	86,4	92,2	97,7	87,5	83,5	88,8	87,5	79,2	77,8	70,4

Tabela 17 – Medições dos ruídos realizadas na obra número 4 (estaca de melhoramento vibrada).

A maior medição encontrada foi a das coordenadas número 5 (32; 22), com valor de 97,7 dB. Essa coordenada localiza-se no ponto exato da fonte de emissão dos ruídos. A menor medição encontrada foi nas coordenadas no número 12 (0,0; 17) assumindo um valor de 70,4 dB, fora da área construída, numa rua lateral de pouco trânsito.

A fundação de estaca de melhoramento vibrada apresentou medições dos ruídos dentro da malha concebida. Trata-se de um método inovador, tendo sido notada uma elevada produtividade na execução e ruídos comparativamente proporcionais aos ruídos das outras obras analisadas. O ruído na fonte P5 de 97,7 dB, revelou uma intensidade variando entre 70,4 dB e 97,7 dB, ou seja, altíssimo.

A Figura 33 apresenta a distribuição espacial da estaca de melhoramento vibrada. Observouse um grande pico de ruído no ponto da fonte causadora do ruído P5 e na medida em que se distância, da fonte, a intensidade do ruído diminui.

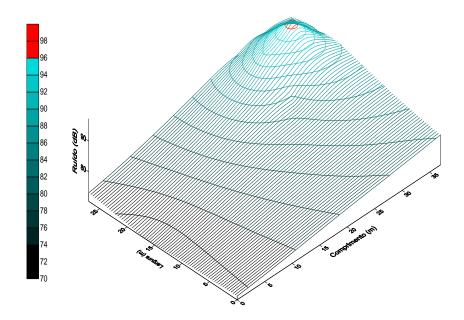


Figura 33 – Distribuição espacial dos ruídos da estaca de melhoramento vibrada.

A Figura 34 apresenta as isolinhas coletadas na malha de pontos. As análises revelaram que nenhum dos pontos da malha concebida ficou abaixo do nível de tolerância estipulado pela norma, ou seja, abaixo de 70 dB. A fonte emissora se encontra no Ponto 5 destacado em vermelho nas isolinhas, o local da fonte de emissão dos ruídos. Nota-se que todos os pontos da malha estão acima dos limites toleráveis.

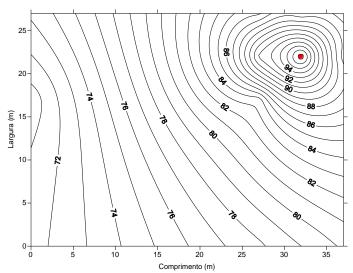


Figura 34 – Isolinhas coletados na malha de pontos.

As medições de ruído em estacas de melhoramento vibrada, na quinta feira do dia 05 de novembro de 2009, na Avenida Real da Torre, Bairro Torre, com analise dos ruídos em doze pontos, sendo nove pontos dentro do canteiro da obra e três pontos fora do canteiro da obra. Interessante observar que o ruído de fundo desta obra atingiu 70,2 dB por se tratar de uma avenida bastante movimentada por veículos automotivos, ônibus e caminhões. No entanto, o ruído produzido pela execução da fundação quando propagado para fora da área do canteiro de obra aproxima-se ao ruído de fundo do ambiente local.

4.1.5 Análise comparativa dos ruídos

A Tabela 18 apresenta uma análise comparativa dos resultados obtidos nos quatros tipos de fundações investigadas na pesquisa.

Tabela 18 – Análise comparativa dos ruídos nas diferentes estacas estudadas.

Tipo de fundação	Estaca pré- moldada	Estaca hélice contínua	Estaca de melhoramento (Tradicional)	Estaca melhoramento (Inovação)
Bairro	Boa Viagem	Boa Vista	Madalena	Torre
Número de pontos medidos	31	13	15	12
Ruído de fundo	49 (dB)	63 (dB)	51 (dB)	70,2 (dB)
Maior valor de ruído	95,7 (dB)	85,7 (dB)	107 (dB)	97,7 (dB)
Menor valor de ruído	78,10 (dB)	69,4 (dB)	69,2 (dB)	70,4 (dB)
Profundidade da estaca	18 metros	35 metros	6 metros	7 metros

A metodologia adotada na obtenção dos resultados dos ruídos provocados, pelas execuções das fundações, leva em consideração a propagação dos seus efeitos no raio de abrangência relativamente curto, pois a velocidade de execução da cravação e/ou perfuração das estacas é bastante rápida, tornando relativamente inviável a cobertura de uma malha com maiores números de pontos.

Segundo Araújo et al. (2009), durante a construção de um empreendimento, a poluição sonora do processo construtivo interfere no ambiente interno da obra, bem como no ambiente do seu entorno, trazendo um elevado grau de incômodo junto à vizinhança. Tudo isso desperta uma significativa preocupação quanto à sustentabilidade dos métodos construtivos tradicionais. Essas interferências, além de proporcionar desagradáveis incômodos ao cotidiano residencial, motiva cada vez mais denúncias junto aos órgãos ambientais.

As quantidades de pontos medidos dependeram diretamente da velocidade de execução dos vários tipos de estacas, pois as medições obedeceram ao início da cravação e/ou perfuração e terminaram na conclusão do estaqueamento. Por isso, nas estacas, com execuções rápidas, os pontos medidos foram poucos e nas estacas com velocidade lenta de execução, os pontos medidos foram muitos.

Diante deste contexto, para abranger um maior número de pontos, para a pesquisa seria necessário utilizar uma quantidade mínima de cinco decibelímetros e dispor de cinco pessoas com a responsabilidade de percorrer alguns pontos da malha estabelecida.

A captação de ruídos uniformes facilitaria o estudo, pois durante a cravação em todos os pontos da malha haveria, no mesmo espaço de tempo, captação dos ruídos, uma vez que a cravação, durante o tempo de sua execução, desloca-se verticalmente, provocando uma variação mínima da propagação dos ruídos.

De acordo com os dados obtidos concluiu-se que a estaca tipo hélice contínua gera um menor ruído em relação aos demais tipos de fundações analisadas, proporcionando um melhor conforto à vizinhança. Notou-se que o método tradicional e comumente usual de execução das estacas de melhoramento tradicional, conhecido com bate estaca, proporciona os maiores ruídos dentre todas as fundações estudadas. O método mais novo de execução de estacas de melhoramento vibrada (terraprobe), proporciona ruídos elevados que por sua vez são menores que o bate estaca da estaca de melhoramento tradicional e maiores que o bate estaca de estaca pré moldada e hélice contínua.

As medições abrangeram 71 pontos, distribuídos em quatro tipos de fundações, onde 31 dos pontos foram coletados nas estacas pré-moldadas; 13 pontos foram coletados na estaca hélice continua; 15 pontos foram coletados na estaca de melhoramento tradicional e 12 pontos foram coletados na estaca de melhoramento vibrado. Constatou-se que apenas três pontos encontrava-se dentro dos limites da lei municipal de 70 dB, com mostrado nesta pesquisa.

Comparando os quatro tipos de estacas, verificou-se que a propagação do ruído produzido por todos os métodos de execução de estaca atingiram valores expressivos ao entorno da construção.

Concluiu-se que os governos devem adotar legislação moderna, visto que, o ruído é considerado pelos mesmos como um problema grave e de saúde pública. Para a indústria da construção civil, os limites de ruídos devem ser revisados e adaptados às condições do setor.

4.2 Pesquisa de campo das Partículas Totais em Suspensões

Durante a execução das fundações, constatou-se através das visitas durante a coleta dos ruídos nas obras verificando uma presença, nas edificações vizinhas, de dois grupos populacionais expostos aos efeitos dos impactos ambientais urbanos, no horário das atividades das obras: crianças e idosos. São pessoas mais vulneráveis aos efeitos nocivos do material particulados, suscetíveis a doenças respiratórias como asma e bronquite, dentre outras. No caso dos grupos de jovens e adultos, por se encontrarem, nesses mesmos horários, desenvolvendo suas atividades profissionais, comerciais e acadêmicas, o grau de exposição é bem menor.

4.2.1 Pesagem dos filtros e calibração do AGV

4.2.1.1 Resultados da pesagem dos filtros

Foram pesados vinte filtros e divididos em quatro canteiros de obras, sendo cinco filtros para cada canteiro, e foi realizado um background de dois dias, sem execução da obra, e nos três dias restantes durante a execução das fundações.

A Tabela 19 apresenta os resultados da pesagem líquida dos filtros. Os filtros foram marcados na seguinte ordem: 1001 a 1005 foram utilizados na obra número 5 (estacas hélice contínua), 2001 a 2005 foram utilizados na obra número 6 (estaca de melhoramento), 3001 a 3005 foram utilizados na obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada) e 4001 a 4005 foram utilizados na obra número 8 (estaca pré moldada de concreto). A pesagem dos filtro obedeceram os procedimentos metodológicos do manual de operação da enérgica.

Tabela 19 – Resultado da pesagem dos filtros.

DATA 07/05/2010									
	LOCA	L ITEP							
FILTRO	PESO BRUTO (g) (CTE)	PESO CLIPS (g)	PESO TOTAL (g)						
3001	4,2124	1,3730	2,8394						
2001	4,2307	1,3724	2,8583						
2003	4,2437	1,3883	2,8554						
2004	4,2420	1,3856	2,8564						
2005	4,2247	1,3705	2,8542						
	DATA 1	1/05/2010							
LOCAL ITEP									
FILTRO	PESO BRUTO (g) (CTE)	PESO CLIPS (g)	PESO TOTAL (g)						
1001	4,2235	1,3837	2,8398						
1002	4,2381	1,3853	2,8528						
1003	4,2217	1,3803	2,8414						
1004	4,2185	1,3703	2,8482						
1005	4,2436	1,3835	2,8601						
	DATA 1	2/05/2010							
	LOCA	L ITEP							
FILTRO	PESO BRUTO (g) (CTE)	PESO CLIPS (g)	PESO TOTAL (g)						
2002	4,2093	1,3695	2,8398						
3002	4,2218	1,3708	2,8510						
3003	4,2315	1,3766	2,8549						
3004	4,1980	1,3828	2,8152						
3005	4,2214	1,3703	2,8511						
	DATA 1	13/05/2010							
	LOCA	L ITEP	<u>-</u>						
FILTRO	PESO BRUTO (g) (CTE)	PESO CLIPS (g)	PESO TOTAL (g)						
4001	4,2134	1,3700	2,8434						
4002	4,1995	1,3676	2,8319						
4003	4,2571	1,3802	2,8769						
4004	4,2070	1,3802	2,8268						
4005	4,2235	1,374	2,8495						

4.2.1.2 Resultados da Calibração do Amostrador de Grande Volume

A Figura 35 apresenta o resultado da calibração, mostrando a deflexão para cada placa de resistência utilizada.

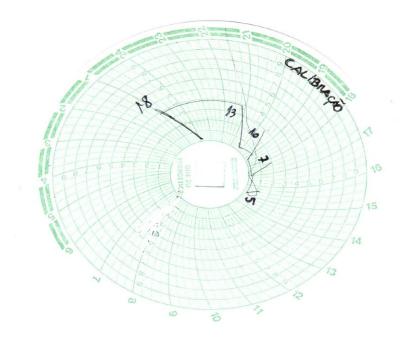


Figura 35 – Carta gráfica da calibração.

A obtenção da concentração de Partículas Totais em Suspensão no ar ambiente é calculada dividindo-se a massa de partículas coletadas no filtro, pelo volume de ar amostrado, corrigido para condição padrão, e, então, expressa em microgramas por metro cúbico padrão.

A Tabela 20 consolida os dados manométricos da calibração para cada placa de resistência.

Placa de Resistência	Alto	Baixo	dHc (alto+baixo) (cm de H2O)
18	9,7	9,4	19,1
13	8,4	8	16,4
10	7	6,6	13,6
7	4,8	4,5	9,3
5	3.2	3	6.2

Tabela 20 – Dados manométricos da calibração.

O certificado de calibração do calibrador padrão número: CPV - GV - 039/10, emitido em 15 de março de 2010, constante nos anexos desse trabalho, apresenta a inclinação a1 = 2,99 e b1

= 0,011. A temperatura no momento da calibração atingiu o valor de 27 ° C, mensurada com utilização do termômetro laboratorial.

O cálculo da vazão de calibração obedece à equações (1) a (4) apresenta o desenvolvimento da obtenção da vazão.

$$Q1 = \frac{1}{a1} \sqrt{dHc \left(\frac{P2}{760}\right) \left(\frac{298}{T2}\right) - b1}$$
 (1)

$$Q1 = \frac{1}{2,99} \sqrt{\text{dHc}\left(\frac{760}{760}\right) \left(\frac{298}{273 + ^{\circ}\text{C}}\right)} - 0,011$$
 (2)

$$Q1 = \frac{1}{2,99} \sqrt{\text{dHc}\left(\frac{760}{760}\right) \left(\frac{298}{273 + 27^{\circ}\text{C}}\right) - 0,011}$$
 (3)

$$Q1 = 0.334\sqrt{(dHc*0.991) - 0.011}$$
(4)

A Tabela 21 mostra que o volume de calibração, nas referidas placas de resistência, atinge uma faixa variada entre 0,83 a 1,45 m³/min.

Tabela 21 – Resultado da vazão de calibração e deflexão da carta gráfica.

Placa de	$Q1 = 0.334\sqrt{(dHc*0.991) - 0.011}$	dHc	Deflexão	
Resistência	(m³/min)	(Cm de H2O)	Бенелио	
18	1,45	19,1	4,5	
13	1,34	16,4	3,9	
10	1,23	13,6	2,9	
7	1,01	9,3	1,9	
5	0,83	6,2	1,1	

A Figura 36 apresenta a curva de calibração apresentando apenas um ponto fora da reta, atingindo uma excelente calibração r²=0,98. Uma calibração bem sucedida proporciona bastante credibilidade nas campanhas de amostragens.

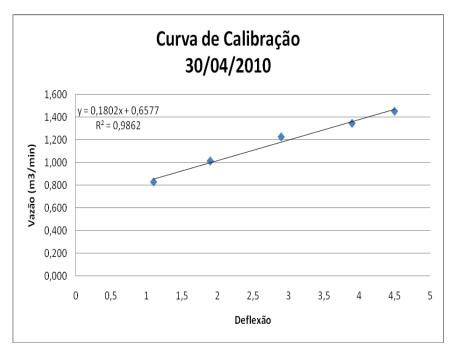


Figura 36 – Curva de calibração.

4.2.2. Obra número 5 (Estaca Hélice Contínua)

Nesta fase da pesquisa foi verificada a emissão de Partículas Totais em Suspensão (PTS) pelas execuções das estacas Hélice Contínua de uma obra, localizada no Bairro do Rosarinho, em Recife, foi executada por uma construtora de grande porte.

Foi a primeira obra a ser monitorada utilizando-se o Amostrador de Grande Volume (HI-VOL) durante a fase de fundação. A quantidade de amostragem foi estipulada em cinco, obedecendo um ciclo de 24 horas. As cinco amostragens foram divididas em duas, durante o final de semana, sem execução de atividades, e três, durante os dias úteis, onde aconteceram os serviços de execução de estacas do tipo hélice contínua.

A Figura 37 apresenta o canteiro de obra estudado, no qual nota-se uma grande movimentação de terra, além da presença de equipamentos. Nessa fase da obra, observou-se, visualmente, um diâmetro aerodinâmico bastante elevado das partículas, oriundas da movimentação de terra proveniente da execução da estaca hélice contínua.



Figura 37 – Canteiro da obra número 5 (estaca hélice contínua).

A Figura 38 retrata informações importante relativas à campanha de amostragem na obra número 5, tais como: a direção do vento no local da amostragem levando em consideração as barreiras físicas advinda da verticalização das construções vizinhas; a fonte emissora das partículas (estaca hélice contínua) e o amostrador de grande volume (Hi-voll) posicionado estrategicamente na direção do vento, na intenção de absorver a maior contribuição de partículas Totais em Suspensão durante a campanha.

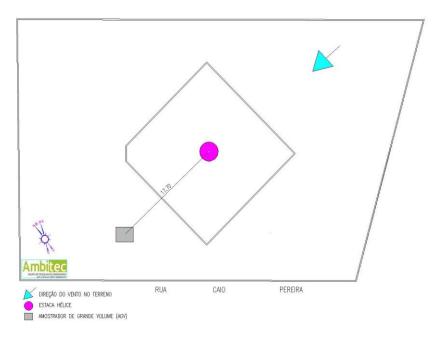


Figura 38 – Croqui da campanha de amostragem de PTS da obra número 5 (estaca hélice contínua).

4.2.2.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos

A obra analisada, situada no Bairro do Rosarinho, encontra-se confinada por três edifícios, sendo dois em suas laterais e um edifício de grande porte a leste da sua retaguarda (Figura 39). O bairro está em processo de adensamento, com alguns canteiros de obras no entorno próximo à Avenida Norte, com intenso tráfego rodoviário envolvido por uma malha urbana bastante residencial. Observou-se na figura 39 a localização da obra estudada, onde verifica-se um adensamento de construções verticais a oeste da obra.



Figura 39 – Vista aérea da obra número 5 (estaca hélice contínua).

A Tabela 22 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Devido a alguns fatores, tais como: distâncias entre a plataforma de coleta de dados e o local da obra estudada e as barreiras físicas no entorno da obra, os dados meteorológicos apresenta diferença com os efeitos meteorológicos observado visualmente na obra. Aconselha-se a instalação de uma estação meteorológica compacta para monitoramento dos efeitos meteorológicos pontuais.

Tabela 22 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

DAIDDO	DATA	TEMPERATURA	VELOCIDADE	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO	
BAIRRO	DATA	DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA	
	09/06/2010	26,56 °C	3,44 m/s	ONO e SE	21,50 mm	
	10/06/2010	26,75°C	3,68 m/s	SSO e SO	21,50 mm	
Rosarinho	11/06/2011	26,81°C	3,59 m/s	SSE	21,75 mm	
	12/06/2010	26,75°C	3,74 m/s	S	30,72 mm	
	13/06/2010	24,00°C	4,53 m/s	SO	41,91 mm	

4.2.2.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 1003)

No início da amostragem, às 07h22min, existia uma carregadeira sobre rodas preparando o terreno, o qual se apresentava bastante saturado devido à precipitação da noite anterior. Durante o dia de amostragem foram realizadas duas estacas hélice contínua, com vinte e cinco metros de profundidade, iniciadas às 09h30min e às 11h31min, as estacas E62 e E52, respectivamente. No período da tarde não houve produção de estacas devido à ausência de concreto.

A Tabela 23 fornece dados gerais da amostragem 1003. Estes dados são importantes para o entendimento dos resultados da concentração de PTS no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 23 – Dados gerais da amostragem 1003.

Data Inicial	09/06/2010	Data final	10/06/2010
Hora Inicial	07h22min	Hora final	07h22min
Temperatura Inicial	27,0°C	Temperatura final	28,4°C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Quarta-feira	Dia da semana final	Quinta-feira

A Figura 40 apresenta a carta gráfica da amostragem nº1003 que permite examinar a deflexão durante a amostragem, onde no ciclo de 24 horas não houve diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

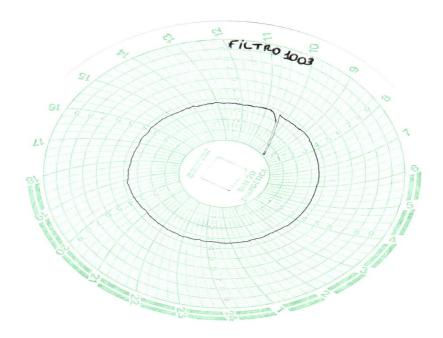


Figura 40 – Carta gráfica da amostragem nº 1003 da obra nº5 (estaca hélice contínua).

A Tabela 24 apresenta resultados da amostragem número 1003, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou no tempo de 1440 minutos a amostragem, aspirando um volume total de 1.866,38 m³ de ar. Dividindo o volume de ar aspirado pelo equipamento pelo tempo, obtém-se a vazão em m³/min. Dentro do período de amostragem foram obtidas quatro vazões, tendo a média das vazões atingido 1,30 m³/min.

Tabela 24 – Resultado da amostragem 1003.

(V) Doflovão do nono	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577	_	Volume = Y.Tempo
3,4	1,27038	255	323,9469
3,5	1,2884	450	579,78
3,6	1,30642	600	783,852
3,7	1,32444	135	178,7994
	Total	1440	1.866,3783

Médias das Vazões (Q – m³/min) 1,30

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. Os cálculos estão explicados na metodologia do trabalho. A Tabela 25 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1003.

Tabela 25 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1003.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,2224 g
Volume de ar amostrado	1.866,38 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	119,16 μg/m ³

4.2.2.3 Segundo dia de amostragem (filtro 1004)

No início da amostragem, às 07h36min, existia uma carregadeira sobre rodas preparando o terreno e movimento terras. O solo encontrava bastante saturado. As chuvas ocorreram das 18h45min às 19h30min e das 21h30min às 21h50min. Novamente voltou a chover das 04h10min às 04h28min, durante a madrugada, tendo havido uma parada de dois minutos. Nova precipitação ocorreu a partir das 04h30min às 05h10min.

Por volta das 07h00min, de 11/06/2010, começou a movimentação de terra com a carregadeira e caminhão basculante, porém o terreno encontrava-se ainda bastante saturado. Durante o dia de amostragem foram realizadas duas estacas hélice contínua, com vinte e cinco metros de profundidade, iniciadas às 10h28min às 11h50min, estacas E62 e E56, respectivamente. No período da tarde, do mesmo dia, foram executadas duas estacas hélice contínua de vinte e cinco metros de profundidade, entre o horário das 11h55min e às 14h38min. Foi executado um total de quatro estacas de vinte e cinco metros.

A Tabela 26 fornece dados gerais da amostragem 1004, importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 26 – Dados gerais da amostragem 1004.

Data Inicial	10/06/2010	Data final	11/06/2010
Hora Inicial	07h36min	Hora final	07h36min
Temperatura Inicial	29,7°C	Temperatura final	27,5°C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Quinta-feira	Dia da semana final	Sexta-feira

A Figura 41 permite o exame da deflexão durante a amostragem, a partir da carta gráfica da amostragem nº 1004, onde se pode observar que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

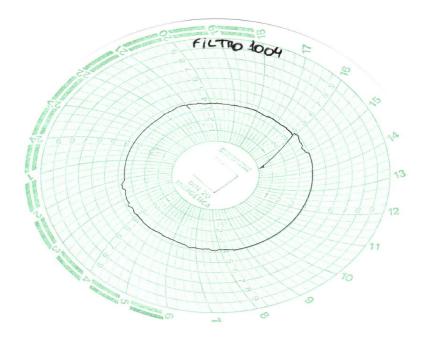


Figura 41 – Carta gráfica amostragem nº 1004, da obra nº5 (estaca hélice contínua).

A Tabela 27 apresenta dados importantes para interpretação dos resultados da amostragem 1004, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou no tempo de 1440 minutos a amostragem, aspirando um volume total de 1.909,08 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas seis vazões, que atingiram a média de 1,33 m³/min.

Tabela 27 – Resultado da amostragem 1004.

(V) Deflera de none	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena	V - 04002 V 06577	Tempo (min)	77.1
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y.Tempo
3,5	1,2884	405	521,802
3,6	1,30642	210	274,3482
3,7	1,32444	240	317,8656
3,8	1,34246	150	201,369
3,9	1,36048	330	448,9584
4	1,3785	105	144,7425
	Total	1440	1.909,0857

Médias das Vazões (Q – m³/min) 1,33

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 28 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1004.

Tabela 28 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1004.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1322 g
Volume de ar amostrado	1.909,09 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	69,25 μg/m ³

4.2.2.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 1005)

No terceiro dia de amostragem, excepcionalmente não aconteceu execução de estacas hélice contínua, pois faltou concreto. As operações do canteiro restringiram-se ao movimento de terra com a carregadeira sobre rodas e caminhão basculante, durante todo dia 11/06/2010.

As precipitações pluviométricas aconteceram das 00h43min até às 04h45min, voltando a chover das 02h59min até às 04h19min. Pela manhã do dia 12/06/2010, por volta das 07h00min, operações de movimentação de terra foram reiniciadas e continuaram até o término da amostragem, às 07h47min, desse mesmo dia.

A Tabela 29 fornece dados gerais da amostragem 1005 necessários ao entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 29 – Dados gerais da amostragem 1005.

Data Inicial	11/06/2010	Data final	12/06/2010
Hora Inicial	07h47min	Hora final	07h47min
Temperatura Inicial	30,2	Temperatura final	30,2
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Sexta-feira	Dia da semana final	Sábado

A Figura 42 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observou-se na Figura 42 carta gráfica da amostragem nº1005, que durante o ciclo de 24 horas não houve diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

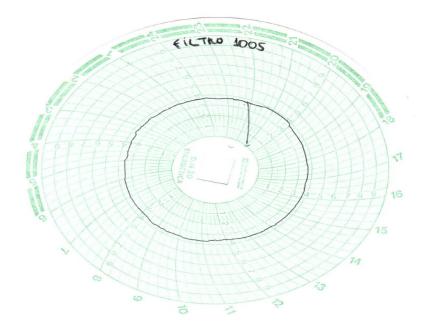


Figura 42 – Carta gráfica da amostragem nº1005 da obra nº5 (estaca hélice contínua).

A Tabela 30 apresenta dados que favorecem a interpretação dos resultados da amostragem de campo nº 1005, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.895,57 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas quatro vazões, tendo elas atingido a média de 1,32 m³/min.

Tabela 30 – Resultado da amostragem 1005.

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min	T	Volume (Q-m ³)
	Y = 0.1802 .X + 0.6577	Tempo (min)	Volume = Y . Tempo
3,5	1,2884	180	231,912
3,6	1,30642	465	607,4853
3,7	1,32444	705	933,7302
3,9	1,36048	90	122,4432
	Total	1440	1.895,5707

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,32

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), assim como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 31 apresenta os resultados dos cálculos da concetração da amostragem 1005.

Tabela 31 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1005.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1335g
Volume de ar amostrado	1.895,57 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	70,43 μg/m ³

4.2.2.5 Quarto dia de amostragem (filtro 1001)

Nesse dia de trabalho (sábado) a obra funcionou meio expediente, tendo sido executado, apenas, uma estaca hélice contínua de vinte e cinco metros de profundidade. As chuvas ocorreram das 19h38min às 19h43min, voltando a chover das 20h38min até 20h55min, do dia 12/06/2010. No início da manhã do dia 13/06/2010, já perto do término da amostragem, voltou a chover das 07h20min até 07h54min.

A Tabela 32 fornece dados gerais da amostragem 1001 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 32 – Dados gerais da amostragem 1001.

Data Inicial	12/06/2010	Data final	13/06/2010
Hora Inicial	07h54min	Hora final	07h54min
Temperatura Inicial	34,9°C	Temperatura final	25,3°C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Chuva espaça
Dia da semana Inicial	Sábado	Dia da semana final	Domingo

A Figura 43 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na Figura 43 carta gráfica da amostragem nº1001, que durante o ciclo de 24 horas não foi registrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

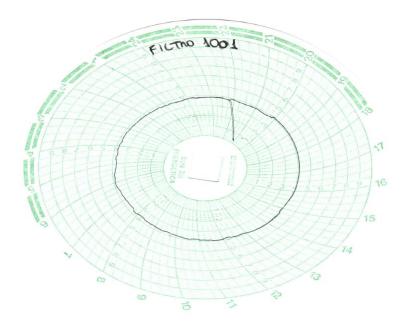


Figura 43 – Carta gráfica de amostragem nº1001 da obra nº5 (estaca hélice contínua).

A Tabela 33 apresenta dados importantes para interpretação dos resultados da amostragem de campo nº 1001, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.953,14 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas seis vazões, que atingiram a média de 1,35 m³/min.

Tabela 33 – Resultado da amostragem 1001.

(V) Deflering de mone	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y . Tempo
3,6	1,30642	45	58,7889
3,7	1,32444	255	337,7322
3,8	1,34246	450	604,107
3,9	1,36048	255	346,9224
4	1,3785	105	144,7425
4,1	1,39652	330	460,8516
	Total	1440	1.953,1446

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,35

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 34 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1001.

Tabela 34 – Resultados dos cálculos da concetração da amostragem 1001.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,0869g
Volume de ar amostrado	1.953,1446 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	44,49µg/m³

4.2.2.6 Quinto dia de amostragem (filtro 1002)

Domingo, dia sem atividade no canteiro de obra. As chuvas ocorreram durante praticamente todo o dia e madrugada da segunda-feira. Verificaram-se chuvas a partir das 08h02min até às 19h02min, retornando a precipitação das 19h12min até 21h27min, novamente das 21h32min até 02h42min e, finalmente, das 03h00min até 08h02min.

A Tabela 35 fornece dados gerais da amostragem 1002 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 35 – Dados gerais da amostragem 1002.

Data Inicial	13/06/2010	Data final	14/06/2010
Hora Inicial	08h02min	Hora final	08h02min
Temperatura Inicial	26,2 °C	Temperatura final	25 ℃
Tempo(condições Climáticas)	Chuva Espaça	Tempo (condições Climáticas)	Chuva Espaça
Dia da semana Inicial	Domingo	Dia da semana final	Segunda-feira

A Figura 44 demonstra a deflexão durante a coleta de campo, observando-se na carta gráfica da amostragem n°1002, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

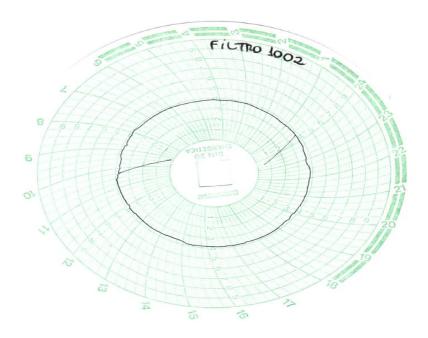


Figura 44 – Carta gráfica da amostragem nº1002 da obra nº5 (estaca hélice contínua).

A Tabela 36 apresenta dados de suma importância para interpretação dos resultados da amostragem de campo nº 1002, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.929,35 m³ de ar. Dividindo o volume de ar por ele aspirado, pelo tempo, obtém-se a vazão em m³/min. Dentro do período de amostragem foram obtidas três vazões, que atingiram a média de 1,34 m³/min.

Tabela 36 – Resultado da amostragem 1002.

(V) Doflovão do nono	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y.Tempo
3,7	1,32444	330	437,0652
3,8	1,34246	990	1329,0354
3,9	1,36048	120	163,2576
	Total	1440	1.929,3582

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 37 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1002.

Tabela 37 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 1002.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,0501g
Volume de ar amostrado	1.929,3582 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	25,97 μg/m ³

4.2.2.7 Campanha de amostragem das estacas hélice contínuas

A Tabela 38 apresenta um resumo dos cincos dias de amostragens na obra nº 5, referente a fundação do tipo hélice contínua. Numa análise da produção de estacas, levando-se em consideração as condições do tempo, verifica-se que em dia ensolarado a produção de duas estacas de vinte e cinco metros produz uma emissão de partículas totais de suspensão numa concentração de 119,16 μg/m³. Por outro lado, nos dias em que ocorreram chuvas a amostragem foi prejudicada devido à intensidade da chuva, por vezes de curta e de longa duração, diminuindo os resultados esperados das concentrações de partículas totais em suspensões.

Tabela 38 – Análise comparativa da campanha de amostragem da estaca hélice contínua.

FILTRO	DIA	DATA	QUANTIDADE DE ESTACAS	CONDIÇÕES DE TEMPO	CONCENTRAÇÃO (µg/m³)	OBS
1003	Quarta	09/06/10	2 estacas de 25 m	Ensolarado	119,16	-
1004	Quinta	10/06/10	4 estacas de 25 m	Muitas pancadas de chuva	69,25	-
1005	Sexta	11/06/10	0 estacas	Chuvas espaças	70,43	-
1001	Sábado	12/06/10	1 estaca de 25m	Chuvas espaças	44,49	-
1002	Domingo	13/06/10	0	Chuva intensa	25,97	-

A Figura 45 apresenta o gráfico de campanha de amostragem desenvolvida no canteiro de obra das estacas hélice contínua. Os valores ficaram abaixo dos padrões secundários e primários.

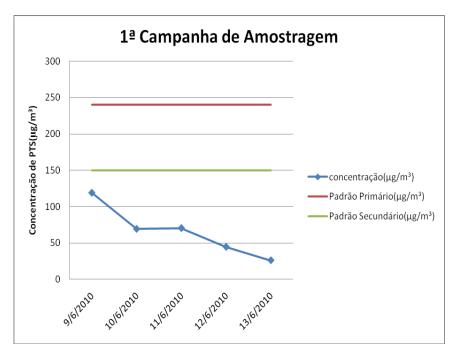


Figura 45 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra nº5 (estaca hélice contínua).

4.2.3 Obra número 6 (Estaca de Melhoramento)

Trata-se da segunda obra monitorada, utilizando-se o Amostrador de Grande Volume (HI-VOL) durante a fase de fundação. Foi verificada a emissão de Partículas Totais em Suspensão (PTS) originadas das execuções das estacas de melhoramento do solo em argamassa em uma obra, localizada no bairro da Várzea, foi executada por uma construtora de médio porte.

A quantidade de amostragem foi estipulada em cinco, observando um ciclo de 24 horas. As cinco amostragens foram divididas em duas, durante o final de semana sem execução de atividades, e três, durante os dias úteis onde aconteceram os serviços de melhoramento do solo com estacas de argamassa, utilizando o procedimento tradicional.

O canteiro de obra apresenta um lay-out, com as seguintes particularidades: preparação do traço (betoneira), local de armazenamento de insumos, áreas de vivencias e o equipamento bate estaca. A argamassa é preparada no canteiro de obra, abastecendo a estaca através de carros de mão.

A Figura 46 apresenta o canteiro de obra estudado, onde se nota uma grande deposição de insumos, tipo pó de brita, areia e cimento, além da presença de equipamentos, como betoneira.



Figura 46 – Canteiro de obra número 6 (estaca de melhoramento).

A Figura 47 retrata informações importantes relativas à campanha de amostragem na obra nº6, tais como: a direção do vento, no local da amostragem, levando-se em consideração as barreiras físicas advindas da verticalização das construções vizinhas; a fonte emissora das partículas (estaca de melhoramento) e o amostrador de grande volume (Hi-voll) posicionado estrategicamente na direção do vento,para absorver a maior contribuição de partículas totais em suspensão durante a campanha.

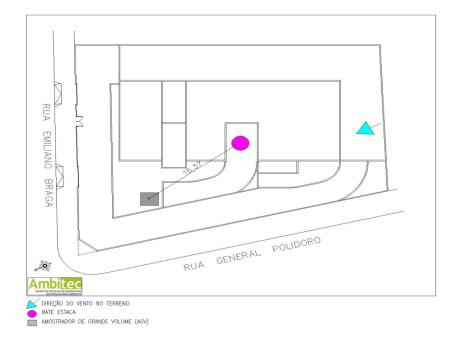


Figura 47 – Croqui da campanha de amostragem das Partículas Totais em Suspensão da obra número 6 (estaca de melhoramento).

4.2.3.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos

A obra analisada, situada no bairro da Várzea, em Recife e próxima ao campus da Universidade Federal de Pernambuco, está envolvida, totalmente, por residências horizontais. O terreno fica de esquina com a Avenida General Polidoro, de intenso tráfego, principalmente em direção à Universidade.

A imagem aérea da Figura 48 apresenta-se o bairro da várzea com ruas vicinais e asfaltadas no entorno da obra predominando habitações horizontais.



Figura 48 – Imagem aérea da obra nº 6 (estaca de melhoramento).

A Tabela 39 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Devido a alguns fatores, tais como: distâncias entre a plataforma de coleta de dados e o local da obra estudada e as barreiras físicas no entorno da obra, os dados meteorológicos apresenta diferença com os efeitos meteorológicos observado visualmente na obra. Aconselha-se a instalação de uma estação meteorológica compacta para monitoramento dos efeitos meteorológicos pontuais.

Tabela 39 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

	Tuotiu e, Budos mettorogress un 1 eB de Bunto de Bong.					
DAIDDO	DATA	TEMPERATURA	VELOCIDADE	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO	
BAIRRO DATA	DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA		
	19/06/2010	26,63 °C	3,71 m/s	ESE e SE	404,41 mm	
	20/06/2010	27,31°C	3,15 m/s	O e SSE	406,47 mm	
Várzea	21/06/2011	28,00°C	3,34 m/s	O e SE	406,50 mm	
	22/06/2010	27,81°C	2,48 m/s	S	410,88 mm	
	23/06/2010	27,88°C	4,03 m/s	SE	427,78 mm	

4.2.3.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 2001)

Concomitantemente ao início da amostragem, às 07h34min, iniciou-se a execução das estacas de melhoramento do solo. Como o dia da semana era sábado, de meio expediente de trabalho, foram executadas, pela manhã, duas estacas de nove metros. O terreno estava saturado devido à precipitação do dia anterior. Observou-se o descarrego de insumos durante o meio expediente do sábado no canteiro.

A Tabela 40 fornece os dados gerais da amostragem 2001 para entendimento dos resultados da concentração de PTS no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Data Inicial	19/06/2010	Data final	20/06/2010
Hora Inicial	07h34min	Hora final	07h51min
Temperatura Inicial	26,6 °C	Temperatura final	30,5 °C
Tempo(condições Climáticas)	Chuva Espaça	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Sábado	Dia da semana final	Domingo

Tabela 40 – Dados gerais da amostragem 2001.

A Figura 49 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 49, a partir da carta gráfica da amostragem n°2001, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

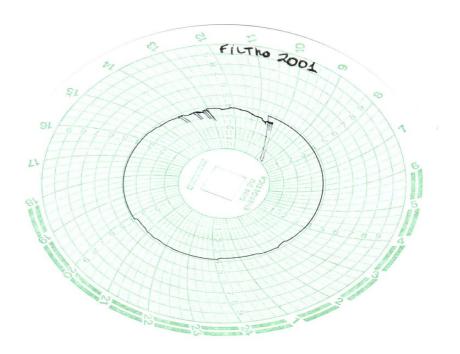


Figura 49 – Carta gráfica da amostragem número 2001 da obra número 6 (estaca de melhoramento).

A Tabela 41 apresenta dados importantes para interpretação dos resultados da amostragem n°2001, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.945,71 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas seis vazões, que atingiram a média de 1,31 m³/min.

Tabela 41 – Resultado da amostragem 2001.

(V) Doflovão do nono	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)	
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)		
	Y = 0.1802 .X + 0.6577	-	Volume = Y.Tempo	
3,3	1,25236	30	37,5708	
3,4	1,27038	30	38,1114	
3,5	1,2884	30	38,652	
3,7	1,32444	375	496,665	
3,8	1,34246	675	906,1605	
3,9	1,36048	315	428,5512	
	Total	1440	1.945,7109	

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,31
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 42 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2001.

Tabela 42 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2001.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1465 g
Volume de ar amostrado	1.945,71 m ³
Tempo de amostragem	1455 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	75,29 μg/m ³

4.2.3.3 Segundo dia de amostragem (filtro 2002)

O segundo dia de amostragem foi domingo, ou seja, sem trabalho e/ou atividades no canteiro de obra. As condições climáticas eram favoráveis, ou seja, dia ensolarado durante toda a amostragem.

A Tabela 43 fornece dados gerais da amostragem 2002 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Data Inicial	20/06/2010	Data final	21/06/2010
Hora Inicial	07h37min	Hora final	07h37min
Temperatura Inicial	30,5°C	Temperatura final	32,1°C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Domingo	Dia da semana final	Segunda-feira

Tabela 43 – Dados gerais da amostragem 2002.

A Figura 50 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 50, a partir da carta gráfica da amostragem n°2002, que durante o ciclo de 24 horas não foi verificada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

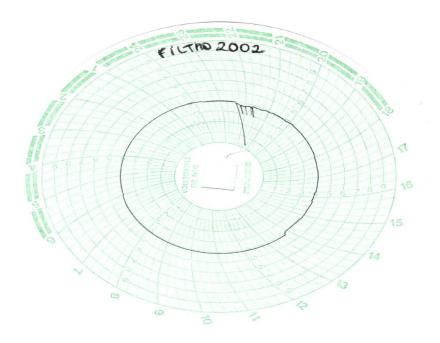


Figura 50 – Carta gráfica da amostragem número 2002 da obra número 6 (estaca de melhoramento).

A Tabela 44 apresenta dados importantes para interpretação dos resultados da amostragem de campo nº 2002, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.987,74 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas quatro vazões, que atingiram a média de 1,36 m³/min.

1.987,743

(Y) Vazão (Q) m³/min Volume (Q-m³) (X) Deflexão de pena Tempo (min) Y = 0.1802 .X + 0.6577Volume = Y . Tempo 1,32444 59,5998 3,7 45 3.9 1.36048 180 244,8864 1,3785 1.033,875 4 750 4,1 1,39652 465 649,3818 1440

Tabela 44 – Resultado da amostragem 2002.

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,36

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como na pesagem dos filtros antes da amostragem e depois na amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 45 apresenta os resultados dos cálculos da concetração da amostragem 2002.

Tabela 45 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2002.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1357 g
Volume de ar amostrado	1.987,743 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	68,27 μg/m³

4.2.3.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 2003)

Total

Foram executadas sete estacas de nove metros e 30 cm de diâmetro, no dia 21/06/2010. Na manhã do dia seguinte, dia 22/06/2010, até momentos antes da substituição do filtro, foi executada uma estaca de nove metros de profundidade, aproximadamente às 07h15min. No entanto no período de 24h de amostragem, foram executadas oito estacas de nove metros de profundidade.

Observou-se mudança suave na direção do vento, desviando parcialmente a direção das partículas de materiais particulados.

A Tabela 46 apresenta dados gerais da amostragem 2003, importantes para compreensão dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 46 – Dados gerais da amostragem 2003.

Data Inicial	21/06/2010	Data final	22/06/2010
Hora Inicial	08h04min	Hora final	08h04min
Temperatura Inicial	37,7 °C	Temperatura final	30,2
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Segunda-feira	Dia da semana final	Terça-feira

A Figura 51 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 51, a partir da carta gráfica da amostragem n°2003, que durante o ciclo de 24 horas não foi verificada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

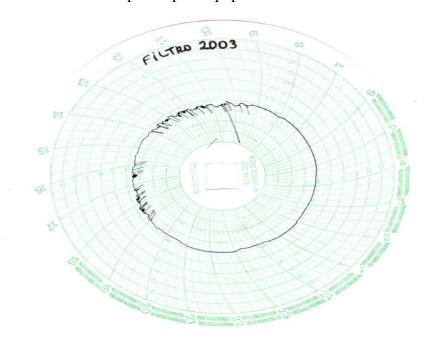


Figura 51 – Carta gráfica da amostragem número 2003 da obra número 6 (estaca de melhoramento).

A Tabela 47 apresenta resultados importantes para interpretação dos resultados da amostragem nº 2003, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.905,57 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas seis vazões, que atingiram a média de 1,31 m³/min.

Tabela 47 – Resultado da amostragem 2003.

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min	Towns (min)	Volume (Q-m³)
. ,	Y = 0.1802 .X + 0.6577	Tempo (min)	Volume = Y . Tempo
3,3	1,25236	30	37,5708
3,5	1,2884	435	560,454
3,6	1,30642	180	235,1556

3,7	1,32444	135	178,7994
3,8	1,34246	240	322,1904
3,9	1,36048	420	571,4016
	Total	1440	1.905,5718

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,31
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), na pesagem dos filtros antes da amostragem e depois na amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 48 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2003.

Tabela 48 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2003.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1261g
Volume de ar amostrado	1.905,5718 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	66,17 μg/m ³

4.2.3.5 Quarto dia de amostragem (filtro 2004)

Nesse dia de trabalho (terça-feira), foram executadas cinco estacas de melhoramento de argamassa e no dia seguinte (quarta-feira), antes do término do ciclo de 24 horas da amostragem, foi realizada uma estaca de melhoramento de nove metros de profundidade, aproximadamente às 07h40min. O total de estaca produzidas no ciclo de vinte e quatro horas foi de seis estacas. Observou-se a mudança da direção predominante do vento, durante o período diurno o vento não dirigiu-se ao amostrador de grande volume.

A Tabela 49 fornece dados gerais da amostragem 2004 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 49 – Dados gerais da amostragem 2004.

Data Inicial	22/06/2010	Data final	23/06/2010
Hora Inicial	08h13min	Hora final	08h13min
Temperatura Inicial	35,2°C	Temperatura final	25,7°C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Encoberto
Dia da semana Inicial	Terça-feira	Dia da semana final	Ouarta-feira

A Figura 52 demonstra a deflexão durante a coleta de campo, observando-se na figura 52, a partir da carta gráfica da amostragem n°2004, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

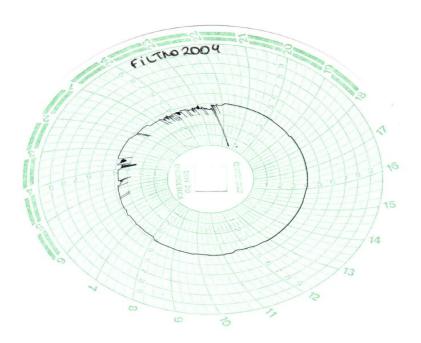


Figura 52 – Carta gráfica da amostragem número 2004, da obra número 6 (estaca de melhoramento).

A Tabela 50 apresenta resultados que permitem a interpretação dos resultados da amostragem nº 2004, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.966,11 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas seis vazões, que atingiram a média de 1,35 m³/min.

Tabela 50 – Resultado da amostragem 2004.

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(A) Dellexão de pella		Tempo (min)	_
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y.Tempo
3,6	1,30642	75	97,9815
3,7	1,32444	210	278,1324
3,8	1,34246	240	322,1904
3,9	1,36048	105	142,8504
4	1,3785	345	475,5825
4,1	1,39652	465	649,3818
	Total	1440	1.966,119

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,35
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como na pesagem dos filtros antes da amostragem e depois na amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 51 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2004.

Tabela 51 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2004.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,096g
Volume de ar amostrado	1.966,119 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	48,83 μg/m³

4.2.3.6 Quinto dia de amostragem (filtro 2005)

Nesse dia foram executadas quatro estacas de melhoramento em argamassa, com nove metros de profundidade. A obra se desenvolveu durante meio expediente, em razão das comemorações juninas.

Muitas fogueiras são queimadas no período das festas de São João. Na localidade da obra elas foram acesas ao final da tarde, mantendo-se assim durante toda a noite e madrugada seguinte. No dia posterior, encontrou-se na região circunvizinha diversas fogueiras ainda queimando..

A Tabela 52 fornece dados gerais da amostragem 2005 importantes para compreensão dos resultados da concentração de PTS no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 52 – Dados gerais da amostragem 2005.

Data Inicial	23/06/2010	Data final	24/06/2010
Hora Inicial	08h23min	Hora final	08h23min
Temperatura Inicial	25,7 °C	Temperatura final	28,7 °C
Tempo (condições Climáticas)	Encoberto	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Quarta-feira	Dia da semana final	Quinta-feira

A Figura 53 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 53, a partir da carta gráfica da amostragem n°2005, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

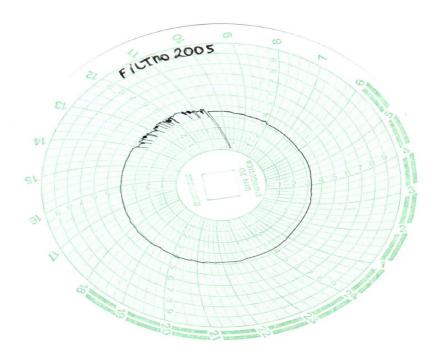


Figura 53 – Carta gráfica da amostragem número 2005 da obra número 6 (estaca de melhoramento).

A Tabela 53 apresenta resultados essenciais para interpretação dos resultados da amostragem nº 2005, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou a amostragem, no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 1.900,97 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas dez vazões, que atingiram a média de 1,31 m³/min.

Tabela 53 – Resultado da amostragem 2005.

(V) Deflera de none	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 . X + 0.6577	• , , ,	Volume = Y. Tempo
3,1	1,21632	45	54,7344
3,2	1,23434	150	185,151
3,3	1,25236	150	187,854
3,4	1,27038	165	209,6127
3,5	1,2884	75	96,63
3,7	1,32444	105	139,0662
3,8	1,34246	75	100,6845
3,9	1,36048	285	387,7368
4	1,3785	285	392,8725
4,1	1,39652	105	146,6346
	Total	1440	1.900,977

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,31

O cálculo da concentração de partículas totais em suspensão é realizado a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), na pesagem dos filtros antes da amostragem e depois na amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 54 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2005.

Tabela 54 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 2005.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,4279 g
Volume de ar amostrado	1.900,977 m³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	225,09 μg/m ³

4.2.3.7 Campanha de amostragem das estacas de melhoramento

A segunda campanha de amostragem apresentou em sua última medição dia 23 de junho de 2010 uma concentração de 225,09 μg/m³, ultrapassando o padrão secundário e atingindo um valor bem próximo ao padrão primário constante de 240 μg/m³. Os Padrões Primários de Qualidade do Ar quando ultrapassados, poderão afetar a saúde da população. No entanto o valor da concentração das PTS no referido dia amostrado atingiu tal concentração pelo seguinte motivo, emissão de fumaças oriundas das fogueiras de São João, acendidas no Nordeste na noite do dia 23 de junho de 2010.

A Tabela 55 apresenta um resumo dos cincos dias de amostragens na obra nº 6, referente às estacas de melhoramento. Realizando-se uma análise da produção de estacas com a consideração das condições do tempo, verifica-se que a execução de estacas de argamassa não influenciam na poluição atmosférica.

Tabela 55 – Análise comparativa da campanha de amostragem da estaca de melhoramento.

FILTRO	DIA	DATA	QUANTIDADE DE ESTACAS	CONDIÇÕES DE TEMPO	CONCENTRAÇÃΟ (μg/m³)	OBS
2001	Sábado	19/06/10	2 estacas de 9m	Chuvas espaças	75,29	Transporte de insumos no canteiro
2002	Domingo	20/06/10	0 estacas	Sol	68,27	-
2003	Segunda	21/06/10	8 estacas de 9m	Sol	66,17	Mudança suave na direção do vento
2004	Terça	22/06/10	6 estacas de 9m	Sol (encoberto)	48,83	Mudança da direção do vento
2005	Quarta	23/06/10	4 estacas de 9m	Sol (encoberto)	225,09	Fogueiras de São João

A Figura 54 apresenta o gráfico de campanha de amostragem desenvolvida no canteiro de obra nº 6 das estacas de melhoramento. Os valores ficaram abaixo dos padrões secundários e primários. Porém, na data 23/06/2010, dia comemorativo de São João, com a queima de fogueiras, os valores foram superiores aos padrões secundários e bem próximos aos padrões primários. Acredita-se que, se a queima de fogueiras juninas tivesse ocorrido durante um período de vinte quatro horas, os valores das concentrações de partículas totais em suspensões teriam ultrapassado os padrões primários.

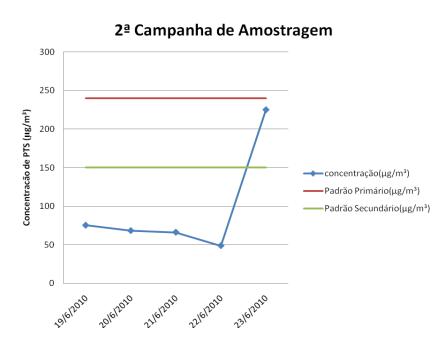


Figura 54 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra número 6 (estaca de melhoramento).

4.2.4 Obra número 7 (Estaca de Melhoramento Vibrada)

Trata-se da terceira obra monitorada com utilização do Amostrador de Grande Volume (HI-VOL) durante a fase de fundação. A quantidade de amostragem foi estipulada em cinco, obedecendo um ciclo de 24 horas. As cinco amostragens foram divididas em duas, durante o final de semana, sem execução de atividades, e três, durante os dias úteis onde aconteceram os serviços de execução de estacas de melhoramento vibradas pelo equipamento SP-60, utilizando um traço de pó de pedra e brita. Foi verificado a emissão de Partículas Totais em Suspensão (PTS) produzida pelas execuções das estacas de melhoramento vibradas, com pó

de pedra e brita (3:1). A obra estudada está localizada no bairro do Arruda, em Recife, e foi executada por uma construtora de pequeno porte.

A Figura 55 retrata o canteiro de obra estudado, na qual verifica-se uma grande deposição de insumos, tais como, pó de brita e brita, além da presença de equipamentos pesados, como carregadeira e escavadeira hidráulica acoplado, ao seu braço, o equipamento SP-60, este responsável pela cravação das estacas de melhoramento, através de vibrações do tubo de aço no terreno.



Figura 55 – Canteiro de obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Figura 56 reproduz informações importantes relativas à campanha de amostragem da obra nº 7, tais como: a direção do vento no local da amostragem, levando em consideração as barreiras físicas advinda da verticalização das construções vizinhas; a fonte emissora das partículas (estaca de melhoramento vibrada) e o amostrador de grande volume (Hi-voll) posicionado estrategicamente na direção do vento, para absorver a maior contribuição de partículas Totais em Suspensão, durante a campanha. O amostrador de grande volume encontra-se a uma distância de três metros do muro de divisas da obra e a seis metros da fonte emissora.

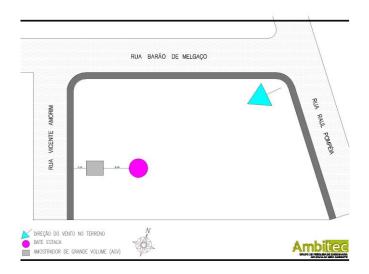


Figura 56 – Croqui da campanha de amostragem de Partículas Totais em Suspensão da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

4.2.4.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos

A obra analisada, situada no bairro do Arruda, fica num terreno de esquina com baixo tráfego de veículos, envolvida totalmente por residências horizontais. Não foram verificadas construções próximas ao terreno analisado.

A Figura 57 demonstra a imagem aérea da obra número 7, onde verifica-se a predominância de residências horizontais, tendo em vista o bairro do arruda ser considerado popular e com poucos investimentos verticais.



Figura 57 – Imagem aérea da obra nº 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 56 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Devido a alguns fatores, tais como: distâncias entre a plataforma de coleta de dados e o local da obra estudada e as barreiras físicas no entorno da obra, os dados meteorológicos apresenta diferença com os efeitos meteorológicos observado visualmente na obra. Aconselha-se a instalação de uma estação meteorológica compacta para monitoramento dos efeitos meteorológicos pontuais.

Tabela 56 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

	<u> </u>				
BAIRRO	DATA	TEMPERATURA	VELOCIDADE	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO
DAIRRO		DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA
	16/08/2010	24,81 °C	3,13 m/s	SSE e OSO	74,75 mm
	18/08/2010	23,38°C	3,85 m/s	SSO	75,38 mm
Arruda	19/08/2011	25,00°C	6 m/s	SSE	77,90 mm
	20/08/2010	24,31°C	3,89 m/s	SSE	78,19 mm
	21/08/2010	23,69°C	5,40 m/s	SSE	127,91 mm

4.2.4.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 3003)

As estacas de melhoramento com traço de pó de pedra e brita de três metros profundidade, foram executadas pelo equipamento SP-60. O Amostrador de Grande Volume foi ligado às 11h09min, do dia 16/08/2010, segunda-feira. Antes da ligação do AGV, na obra já haviam sido executadas vinte e cinco estacas, pela manhã, porém, no turno da tarde, o equipamento de cravação de estacas entrou em manutenção. Assim, durante a amostragem de vinte e quatro horas, não foram executadas estacas de melhoramento. No entanto, devido à execução das vinte e cinco estacas, pela manhã, entende-se que o ar ambiente se encontrava com materiais particulados, por isso não foi considerado como um dia sem execução de estacas.

A Tabela 57 fornece dados gerais da amostragem 3003 importantes, para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 57 – Dados gerais da amostragem 3003.				
	16/08/2010	Data final	17/08/20	
	11h09min	Hora final	11h09mi	

Data Inicial	16/08/2010	Data final	17/08/2010
Hora Inicial	11h09min	Hora final	11h09min
Temperatura Inicial	30,6 °C	Temperatura final	34,3 °C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Segunda-feira	Dia da semana final	Terça-feira

A Figura 58 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 58, a partir da carta gráfica da amostragem n°3003, que durante o ciclo de 24 horas não foi verificada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

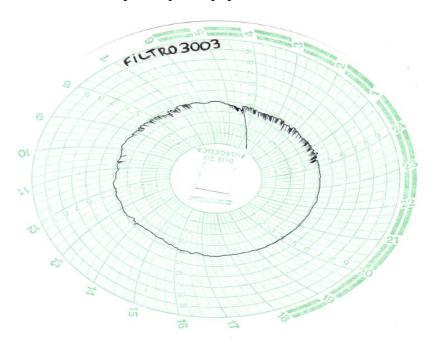


Figura 58 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3003 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 58 apresenta dados importantes para interpretação dos resultados da amostragem de campo, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos a amostragem, aspirando um volume total de 1.954,22 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas oito vazões, que atingiram a média de 1,33 m³/min.

Tabela 58 – Resultado da amostragem 3003.

(V) Doflovão do nono	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 . X + 0.6577		Volume = Y. Tempo
3,4	1,27038	15	19,0557
3,5	1,2884	60	77,304
3,6	1,30642	30	39,1926
3,7	1,32444	255	337,322
3,8	1,34246	90	120,8214
3,9	1,36048	555	755,0664
4	1,3785	135	186,0975
4,1	1,39652	300	418,956
	Total	1440	1.954,2258

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,33

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 59 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3003.

Tabela 59 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3003.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1235g
Volume de ar amostrado	1.954,23 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	63,20 μg/m³

4.2.4.3 Segundo dia de amostragem (filtro 3004)

As execuções das estacas de melhoramento iniciaram às 07h15min. Durante todo o dia 18/08/2010, foram executadas 132 (cento e trinta duas) estacas com dois metros de profundidade.

A Tabela 60 fornece dados gerais da amostragem 3004, importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 60 – Dados gerais da amostragem 3004.

Data Inicial	18/08/2010	Data final	19/08/2010
Hora Inicial	07h10min	Hora final	07h10min
Temperatura Inicial	24,6 °C	Temperatura final	24 °C
Tempo(condições Climáticas)	Encoberto	Tempo (condições Climáticas)	Encoberto
Dia da semana Inicial	Quarta-feira	Dia da semana final	Quinta-feira

A Figura 59 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 59, a partir da carta gráfica da amostragem n°3004, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento. Apenas entre a marcação gráfica das 3h as 17h, verificou-se quedas de energias durante a medição da amostragem.

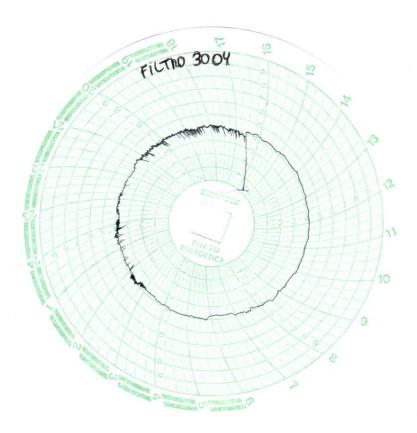


Figura 59 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3004 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 61 apresenta resultados importantes para interpretação dos resultados da amostragem nº 3004, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou a amostragem, no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 1.978,82 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas seis vazões, que atingiram a média de 1,37 m³/min.

Tabela 61 – Resultado da amostragem 3004.

(V) Defleyão de none	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y . Tempo
3,7	1,32444	60	79,4664
3,8	1,34246	150	201,369
3,9	1,36048	450	612,216
4	1,3785	270	372,195
4,1	1,39652	435	607,4862
4,2	1,41454	75	106,0905
	Total	1440	1.978,8231

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,37
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 62 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amsotragem 3004.

Tabela 62 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3004.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,223 g
Volume de ar amostrado	1.978,82 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	112,69 μg/m³

4.2.4.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 3005)

As execuções das estacas de melhoramento, foram iniciadas às 07h18min. Durante todo o dia 19/08/2010, foram executadas 92 (noventa e duas) estacas com três metros de profundidade.

A Tabela 63 fornece dados gerais da amostragem 3005, importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 63 – Dados gerais da amostragem 3005.

Data Inicial	19/08/2010	Data final	20/08/2010
Hora Inicial	07h16min	Hora final	07h16min
Temperatura Inicial	24 °C	Temperatura final	24,5 °C
Tempo(condições Climáticas)	Encoberto	Tempo (condições Climáticas)	Encoberto
Dia da semana Inicial	Quinta-feira	Dia da semana final	Sexta-feira

A Figura 60 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 60, a partir da carta gráfica da amostragem n°3005, que durante o ciclo de 24 horas não foram encontradas diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento. Apenas entre a marcação gráfica das 21h as 07h ocorreram quedas de energias, durante a medição da amostragem.

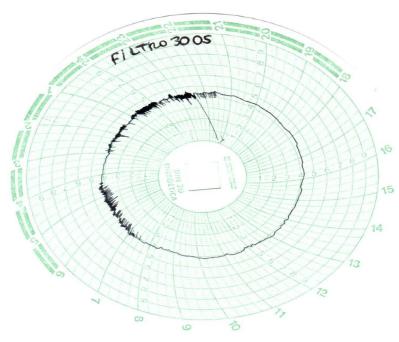


Figura 60 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3005 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 64 apresenta resultados importantes para interpretação dos resultados da amostragem nº 3005, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou, no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 2.028,01 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas cinco vazões, que atingiram a média de 1,40 m³/min.

Tabela 64 – Resultado da amostragem 3005.

(V) Deflera de meno	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y . Tempo
3,9	1,36048	60	81,6288
4	1,3785	30	41,355
4,1	1,39652	750	1.074,39
4,2	1,41454	105	148,5267
4,3	1,43256	495	709,1172
	Total	1440	2.028,0177

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,40	

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 65 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3005.

Tabela 65 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3005.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,2247 g
Volume de ar amostrado	2.028,0177 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	110,80 μg/m³

4.2.4.5 Quarto dia de amostragem (filtro 3002)

O amostrador de grande volume foi acionado a partir das 07h34min. A execução das estacas de melhoramento, iniciou-se às 16h00min. Durante todo o dia 20/08/2010, foram executadas 32 (trinta e duas) estacas, com três metros de profundidade.

A Tabela 66 fornece dados gerais da amostragem 3002, importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 66 – Dados gerais da amostragem 3002

Data Inicial	20/08/2010	Data final	21/08/2010
Hora Inicial	07h20min	Hora final	07h20min
Temperatura Inicial	24,9 °C	Temperatura final	25,6 ℃
Tempo(condições Climáticas)	Encoberto	Tempo (condições Climáticas)	Encoberto
Dia da semana Inicial	Sexta-feira	Dia da semana final	Sábado

A Figura 61 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 61, a partir da carta gráfica da amostragem n°3002, que durante o ciclo de 24 horas não foi registrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento. Apenas entre a marcação gráfica das 11h às 21h, ocorreram quedas de energias, durante a medição da amostragem.

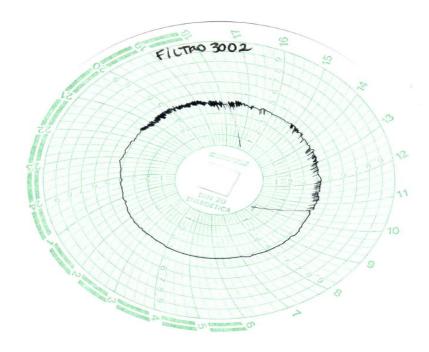


Figura 61 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3002 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 67 apresenta resultados importantes para compreensão dos resultados da amostragem nº 3002, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou a amostragem, no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 2.015,31 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas cinco vazões, as quais atingiram a média de 1,40 m³/min.

Tabela 67 – Resultado da amostragem 3002

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(A) Deflexao de pella		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y . Tempo
3,9	1,36048	30	40,8144
4	1,3785	210	289,485
4,1	1,39652	795	1.110,2334
4,2	1,41454	300	424,362
4,3	1,43256	105	150,4188
	Total	1440	2.015,3136

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,40
--------------------------------	------

O cálculo da concentração de partículas totais em suspensão é realizado a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 68 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3002.

Tabela 68 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3002.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,186 g
Volume de ar amostrado	2.015,31 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	92,29 μg/m³

4.2.4.6 Quinto dia de amostragem (filtro 3001)

Não houve atividades no canteiro da obra. Considerando como dia de coleta do background da campanha de amostragem.

A Tabela 69 fornece dados gerais da amostragem 3001, importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 69 – Dados gerais da amostragem 3001.

Data Inicial	21/08/2010	Data final	22/08/2010
Hora Inicial	07h29min	Hora final	07h31min
Temperatura Inicial	25,7 °C	Temperatura final	26,1 °C
Tempo(condições Climáticas)	Encoberto	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Sábado	Dia da semana final	Domingo

A Figura 62 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observa-se na figura 62, a partir da carta gráfica da amostragem n°3001, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

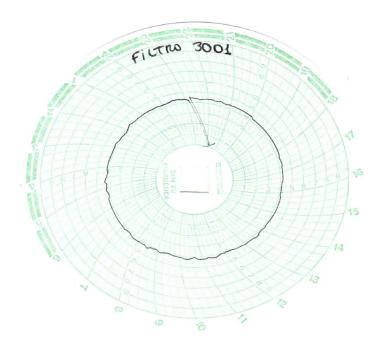


Figura 62 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 3001 da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

A Tabela 70 apresenta resultados importantes para interpretação dos resultados da amostragem nº 3001, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou a amostragem, no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 2.031,m80 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas quatro vazões, as quais atingiram a média de 1,42 m³/min.

Tabela 70 – Resultado da amostragem 3001.

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(A) Dellexão de pella		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y . Tempo
4,1	1,39652	555	775,0686
4,2	1,41454	660	933,5964
4,3	1,43256	180	257,8608
4,4	1,45058	45	65,2761
	Total	1440	2.031,8019

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,42
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 71 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3001.

Tabela 71 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 3001.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,0528 g
Volume de ar amostrado	2.031,8019 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	25,99 μg/m ³

4.2.4.7 Campanha de amostragem das estacas de melhoramento vibrada

O método construtivo da obra de fundação de estaca de melhoramento vibradas apresentaram nos dias de realização da execução das estacas concentrações próxima ao padrão secundário, quando ultrapassadas causam efeitos adversos sobre o bem estar da população, assim como dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente, em geral.

A Tabela 72 apresenta um resumo dos cincos dias de amostragens na obra nº 7, referente às estacas de melhoramento vibradas. Analisando-se a produção de estacas durante condições do tempo favoráveis, verifica-se que a execução de estacas de melhoramento vibradas proporcionam uma maior concentração de Partículas Totais em Suspensão comparada com as demais estacas estudadas. Interessante observar na amostragem nº 3001, sem atividades no canteiro de obra, a concentração de partículas totais em suspensão de 25,99 μg/m³. No entanto, na amostragem nº 3004 onde o canteiro de obra produziu 132 estacas (dia de maior produção) a concentração de partículas totais em suspensão de 112,69 μg/m³. Conclui-se que o processo produtivo deste tipo de estaca emite uma quantidade grande de particulados durante sua execução.

Tabela 72 – Análise comparativa da campanha de amostragem das estacas de melhoramento vibrada.

Filtro	Dia	Data	Quantidade de estacas	Condições de tempo	Concentrações (µg/m³)	Obs
3003	Segunda	16/08/10	0 estacas	Sol	63,20	No período da manhã executou-se 25 estacas de 3m.
3004	Quarta	18/08/10	132 estacas de 2m	Sol (encoberto)	112,69	-
3005	Quinta	19/08/10	92 estacas de 3 m	Sol (encoberto)	110,80	-
3002	Sexta	20/08/10	32 estacas de 3 m	Sol (encoberto)	92,29	-
3001	Sábado	21/08/10	0 estacas	Sol (encoberto)	25,99	Nenhuma atividade no canteiro

A Figura 63 apresenta o gráfico de campanha de amostragem desenvolvida no canteiro de obra nº 7 das estacas de melhoramento vibrada. Os valores ficaram abaixo dos padrões secundários e primários.

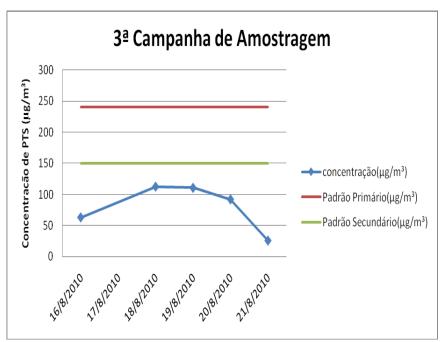


Figura 63 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra número 7 (estaca de melhoramento vibrada).

4.2.5 Obra número 8 (Estaca pré moldada de concreto)

Refere-se à quarta obra a ser monitorada, utilizando o Amostrador de Grande Volume (HI-VOL) durante a fase de fundação. A quantidade de amostragem foi estipulada em cinco, obedecendo um ciclo de 24 horas. As cinco amostragens foram divididas em duas, durante o final de semana, sem execução de atividades, e três, durante os dias úteis onde aconteceram os serviços de execução de estacas pré-moldada de concreto, com uso do bate-estaca. Verificouse a emissão de Partículas Totais em Suspensão (PTS) produzidas pelas execuções das estacas pré-moldada de concreto, tendo cada perfil seis metros de comprimento (diâmetro de 300 e 375mm). A obra observada, situada no bairro de Boa Viagem, em Recife, foi executa por uma construtora de médio porte.

A Figura 64 retrata o canteiro de obra estudado, bastante limpo e sem deposição de insumos, apenas com os perfis de estacas pré-moldada de concreto e o bate estaca.



Figura 64 – Canteiro de obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto).

A Figura 65 retrata informações importantes relativas à campanha de amostragem, tais como: direção do vento no local da amostragem levando em consideração as barreiras físicas advindas da verticalização das construções vizinhas; a fonte emissora das partículas (estaca de melhoramento) e o amostrador de grande volume (Hi-voll) posicionado estrategicamente na direção do vento, para absorver a maior contribuição de partículas totais em suspensão durante a campanha.

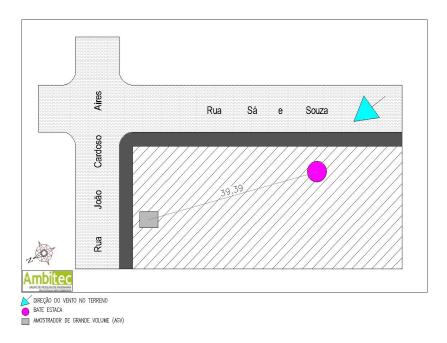


Figura 65 – Croqui da campanha de amostragem de Partículas Totais em Suspensão da obra número 8 (estaca pré-moldada de concreto).

4.2.5.1 Aspectos do entorno (vizinhança) e dados meteorológicos

A obra analisada, situada no bairro de Boa Viagem, está envolvida totalmente por residências verticais. Trata-se de um terreno de esquina com intenso tráfego de veículos. A Figura 66 demonstra em sua vista aérea a ocupação do bairro de boa viagem, altamente adensado de edificações verticais e trafego intenso.



Figura 66 – Imagem aérea da obra nº 8 (estaca pré-moldada de concreto).

A Tabela 73 apresenta os dados meteorológicos adquiridos na estação meteorológicas da Plataforma de Coleta de Dados do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) situada no bairro do Bongi na cidade do Recife/PE.

Devido a alguns fatores, tais como: distâncias entre a plataforma de coleta de dados e o local da obra estudada e as barreiras físicas no entorno da obra, os dados meteorológicos apresenta diferença com os efeitos meteorológicos observado visualmente na obra. Aconselha-se a instalação de uma estação meteorológica compacta para monitoramento dos efeitos meteorológicos pontuais.

Tabela 73 – Dados meteorológicos da PCD do Bairro do Bongi.

DAIDDO	DATA	TEMPERATURA	VELOCIDADE	DIREÇÃO	PRECIPITAÇÃO
BAIRRO	DATA	DO A R	DO VENTO	DO VENTO	PLUVIOMÉTRICA
	25/09/2010	25,50 °C	4,70 m/s	SE	37,09 mm
	26/09/2010	26,60°C	5,39 m/s	ESE	41,75 mm
Boa viagem	04/10/2011	27,13°C	4,73 m/s	SSE e SSO	0,25 mm
	05/10/2010	26,44°C	5,04 m/s	SSE	0,25 mm
	06//10/2010	25,69°C	3,84 m/s	SSE e O	0,25 mm

4.2.5.2 Primeiro dia de amostragem (filtro 4001)

Por ser dia de sábado, os serviços na obra foram realizados até 12h00min, que envolveram atividades de pré-furo, das 08h00min até 12h00min. Ocorreu uma precipitação rápida das 10h30min até 11h38min.

A Tabela 74 fornece dados gerais da amostragem 4001 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 74 – Dados gerais da amostragem 4001.

Data Inicial	25/09/2010	Data final	26/09/2010
Hora Inicial	07h57min	Hora final	07h57min
Temperatura Inicial	29,9 ℃	Temperatura final	34,1 °C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Sábado	Dia da semana final	Domingo

A Figura 67 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observou-se na figura 67, a partir da carta gráfica da amostragem nº4001, que durante o ciclo de 24 horas não foi verificada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

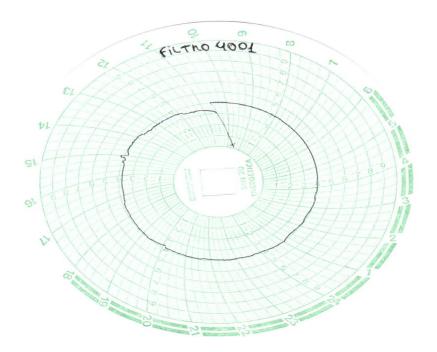


Figura 67 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4001 da obra número 8 (estaca prémoldada de concreto).

A Tabela 75 apresenta dados importantes para interpretação dos resultados da amostragem nº 4001, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou a amostragem no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 1.952,33 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas oito vazões, que atingiram a média de 1,33 m³/min.

Tabela 75 – Resultado da amostragem 4001.

(V) Doflovão do nono	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	_
	Y = 0.1802 .X + 0.6577		Volume = Y . Tempo
3,3	1,25236	30	37,5708
3,4	1,27038	45	57,1671
3,6	1,30642	45	58,7889
3,7	1,32444	120	158,9328
3,8	1,34246	60	80,5476
3,9	1,36048	705	959,1384
4	1,3785	405	558,2925
4,1	1,39652	30	41,8956
	Total	1440	1.952,3337

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,33
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 76 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4001.

Tabela 76 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4001.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1414 g
Volume de ar amostrado	1.952,3337 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	$72,43 \mu g/m^3$

4.2.5.3 Segundo dia de amostragem (filtro 4002)

Por ser um domingo, nenhuma atividade foi realizado o segundo dia de amostragem no canteiro de obras.

A Tabela 77 fornece dados gerais da amostragem 4002 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 77 – Dados gerais de amostragem 4002.

Data Inicial	26/09/2010	Data final	27/09/2010
Hora Inicial	08h03min	Hora final	08h03min
Temperatura Inicial	35,6 °C	Temperatura final	32,5 °C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Domingo	Dia da semana final	Segunda-feira

A Figura 68 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Verificou-se na figura 68, a partir da carta gráfica da amostragem nº4002, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

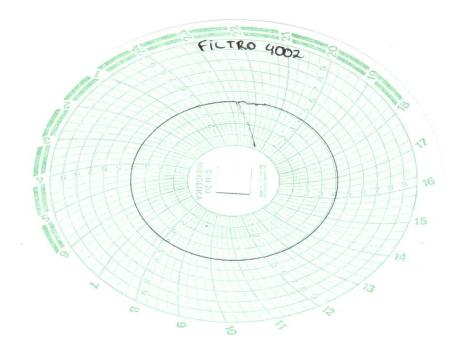


Figura 68 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4002 da obra número 8 (estaca prémoldada de concreto).

A Tabela 78 apresenta dados importantes, para interpretação dos resultados da amostragem nº 4002, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou no tempo de 1440 minutos, a amostragem, aspirando um volume total de 1.996,12 m³ de ar. Dividindo o volume de ar aspirado, pelo tempo, é encontrada a vazão em m³/min. Dentro do período de amostragem foram obtidas três vazões, que atingiram a média de 1,38 m³/min.

Tabela 78 – Resultado da amostragem 4002.

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m³)
(A) Believao de pena	Y = 0.1802 .X + 0.6577	Tempo (min)	Volume = Y . Tempo
3,9	1,36048	45	61,2216
4	1,3785	735	1.013,1975
4,1	1,39652	660	921,7032
	Total	1440	1.996,1223

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,38

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 79 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4002.

Tabela 79 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4002.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1324 g
Volume de ar amostrado	1.996,1223 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	66,33 μg/m ³

4.2.5.4 Terceiro dia de amostragem (filtro 4003)

No terceiro dia, deu-se início a execução da estaca E-12 do Pilar P-8. A produtividade nesse dia foi de três perfis de seis metros na estaca E-14 e um perfil de seis metros na estaca E-13. Total de perfis cravados: quatro perfis de seis metros com diâmetro de 370 mm.

A Tabela 80 fornece dados gerais da amostragem 4003 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 80 – Dados gerais da amostragem 4003.

Data Inicial	04/10/2010	Data final	05/10/2010
Hora Inicial	08h07min	Hora final	08h07min
Temperatura Inicial	30,3 °C	Temperatura final	36,4 °C
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Segunda-feira	Dia da semana final	Terça-feira

A Figura 69 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observou-se na figura 69, a partir da carta gráfica da amostragem nº4003, que durante o ciclo de 24 horas não foi verificada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

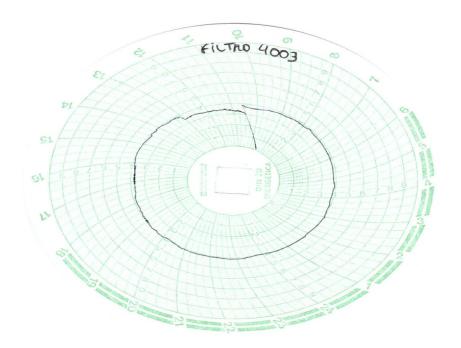


Figura 69 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4003 da obra número 8 (estaca prémoldada de concreto).

A Tabela 81 apresenta resultados importantes, para interpretação dos resultados da amostragem nº 4003, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou a amostragem, no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 1.947,46 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas oito vazões, que atingiram a média de 1,33 m³/min.

Tabela 81 – Resultado da amostragem 4003.

(V) Deflevão de none	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(X) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577	_	Volume = Y. Tempo
3,3	1,25236	45	56,3562
3,4	1,27038	30	38,1114
3,5	1,2884	75	96,63
3,7	1,32444	150	198,666
3,8	1,34246	210	281,9166
3,9	1,36048	510	693,8448
4	1,3785	255	351,5175
4,1	1,39652	165	230,4258
	Total	1440	1.947,4683

1	Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,33
---	--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da

amostragem e da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 82 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4003.

Tabela 82 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4003.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1921 g
Volume de ar amostrado	1.947,47 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	98,64 μg/m³

4.2.5.5 Quarto dia de amostragem (filtro 4004)

No quarto dia de amostragem, houve a continuação da cravação da estaca E 13, sendo cravado o segundo e terceiro perfis de seis metros de profundidade. Além dessa estaca, foi cravada a estaca E-14, composta de três perfis de seis metros, com 370mm de diâmetro totalizando cinco perfis de três metros.

A Tabela 83 fornece dados gerais da amostragem 4004 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 83 – Dados gerais da amostragem 4004.

Data Inicial	05/10/2010	Data final	06/10/2010
Hora Inicial	08h00min	Hora final	08h00min
Temperatura Inicial	37,1 ℃	Temperatura final	39,2 ℃
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Terça-feira	Dia da semana final	Quarta-feira

A Figura 70 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observou-se na figura 70, a partir da carta gráfica da amostragem nº4004, que durante o ciclo de 24 horas não foi encontrada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

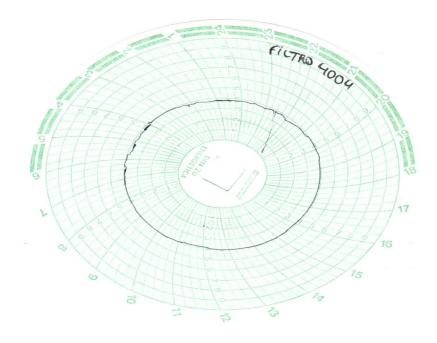


Figura 70 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4004 da obra número 8 (estaca prémoldada de concreto).

A Tabela 84 apresenta resultados importantes para interpretação dos resultados da amostragem nº 4004, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou amostragem no tempo de 1440 minutos, aspirando um volume total de 1.965,04 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas cinco vazões, as quais atingiram a média de 1,36 m³/min.

Tabela 84 – Resultado da amostragem 4004

(V) Vogão (O) m³/min			Volume (O m3)
(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min		Volume (Q-m ³)
(A) Deflexão de pena		Tempo (min)	
	Y = 0.1802 .X + 0.6577	• , , ,	Volume = Y.Tempo
3,7	1,32444	45	59,5998
3,8	1,34246	300	402,738
3,9	1,36048	465	632,6232
4	1,3785	540	744,39
4,1	1,39652	90	125,6868
	Total	1440	1.965,04

Médias das Vazões (Q – m³/min) 1,36

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), bem como da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 85 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4004.

Tabela 85 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4004.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,24 g
Volume de ar amostrado	1.965,04 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	122,14 μg/m ³

4.2.5.6 Quinto dia de amostragem (filtro 4005)

No quinto dia de amostragem, houve o início da cravação da estaca E-15, sendo três perfis de seis metros com 300mm de diâmetro. As estacas começaram a serem cravadas às 11h00min e terminaram às 16h45min.

A Tabela 86 fornece dados gerais da amostragem 4005 importantes para entendimento dos resultados da concentração de PTS, no referido ciclo de 24h de coleta da poluição atmosférica.

Tabela 86 – Dados gerais da amostragem 4005.

Data Inicial	06/10/2010	Data final	07/10/2010
Hora Inicial	08h06min	Hora final	08h06min
Temperatura Inicial	40,3 °C	Temperatura final	41,2 ℃
Tempo(condições Climáticas)	Ensolarado	Tempo (condições Climáticas)	Ensolarado
Dia da semana Inicial	Quarta-feira	Dia da semana final	Quinta-feira

A Figura 71 demonstra a deflexão durante a coleta de campo. Observou-se na figura 71, a partir da carta gráfica da amostragem nº4005, que durante o ciclo de 24 horas não foi verificada diferenciação do volume de ar aspirado pelo equipamento.

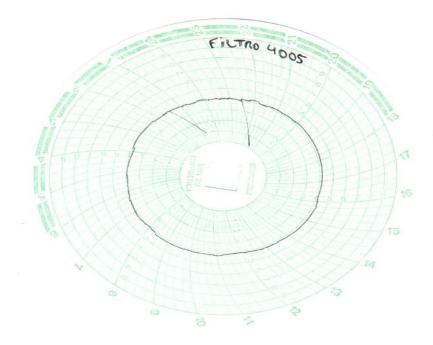


Figura 71 – Carta gráfica da campanha de amostragem número 4005 da obra número 4 (estaca prémoldada de concreto).

A Tabela 87 apresenta resultados importantes, para interpretação dos resultados da amostragem nº 4005, durante um ciclo de vinte e quatro horas. O amostrador de grande volume realizou no tempo de 1440 minutos a amostragem, aspirando um volume total de 2.009,63 m³ de ar. Dentro do período de amostragem foram obtidas quatro vazões, que atingiram a média de 1,39 m³/min.

Tabela 87 – Resultado da amostragem 4005.

(X) Deflexão de pena	(Y) Vazão (Q) m³/min	Tempo (min)	Volume (Q-m³)
	Y = 0.1802 .X + 0.6577	Tempo (mm)	Volume = Y.Tempo
3,9	1,36048	180	244,8864
4	1,3785	240	330,84
4,1	1,39652	495	691,2774
4,2	1,41454	525	742,6335
	Total	1440	2.009,6373

Médias das Vazões (Q – m³/min)	1,39
--------------------------------	------

A concentração de partículas totais em suspensão é calculada a partir de alguns dados obtidos no equipamento (Amostrador de Grande Volume), da pesagem dos filtros antes da amostragem e depois da amostragem de vinte quatro horas. A Tabela 88 apresenta os resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4005.

Tabela 88 – Resultados dos cálculos da concentração da amostragem 4005.

DESCRIÇÃO	VALOR
Peso Líquido da amostragem do Particulado	0,1932 g
Volume de ar amostrado	2.009,6373 m ³
Tempo de amostragem	1440 min
Concentração de Partículas Totais em Suspensões	96,14 μg/m³

4.2.5.7 Campanha de amostragem das estacas pré moldada de concreto

A Tabela 89 apresenta um resumo dos cincos dias de amostragens na obra nº 8, caso das estacas pré moldadas de concreto. Analisando a produção de estacas com a consideração das condições do tempo, estas semelhantes às condições de todos os dias da campanha de amostragem, os resultados apresentam na amostragem nº 4004 (dia de maior produtividade de estacas 5 estacas de seis metros) uma concentração de partículas totais em suspensão de 122,14 μg/m³ maior valor encontrado. No entanto, na amostragem nº 4002, quando o canteiro de obra não realizou produção, nem qualquer outra atividade (domingo), a concentração de partículas totais em suspensão foi de 66,33 μg/m³. Concluí-se que o processo produtivo desse tipo de estaca emite uma quantidade de particulados durante sua execução, dependendo da produção diária.

Tabela 89 – Análise comparativa da campanha de amostragem das estacas pré moldada de concreto.

Filtro	Dia	Data	Quantidade De Estacas	Condições De Tempo	Concentrações (µg/M³)	Obs
4001	Sábado	25/09/10	0 estacas	Ensolarado	72,43	Apenas atividades de pré-furo
4002	Domingo	26/09/10	0 estacas	Ensolarado	66,33	=
4003	Segunda	04/10/10	4 estacas de 6m	Ensolarado	98,64	=
4004	Terça	05/10/10	5 estacas de 6m	Ensolarado	122,14	=
4005	Quarta	06/10/10	3 estacas de 6m	Ensolarado	96,14	-

A Figura 72 apresenta o gráfico de campanha de amostragem desenvolvida no canteiro de obra das estacas pré moldada de concreto. Os valores ficaram abaixo dos padrões secundários e primários. Nos dias em que ocorreram maior produção de estacas, houve maior concentração de particulados e nos casos de menor produção, apresenta-se menor concentração de particulados.

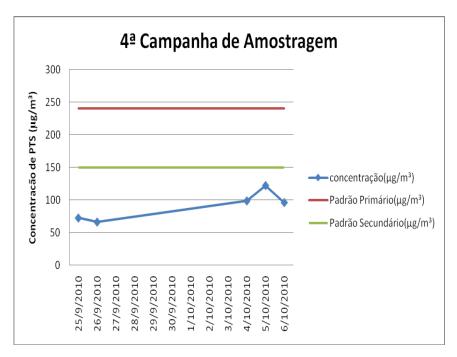


Figura 72 – Gráfico da concentração de Partículas Totais em Suspensão da obra número 8.

4.2.6 Análise comparativa das concentrações das Partículas Totais em Suspensão

A Figura 73 compara os resultados da concentração de Partículas Totais em Suspensão nas quatro diferentes estacas, durante os cinco dias de amostragem. Importante atentar que os resultados quantitativos finais das concentrações de PTS não levaram ainda em consideração o background do bairro situado. Sabe-se que alguns bairros poluem mais e outros menos, haja vista o adensamento populacional, as atividades humanas e comerciais.

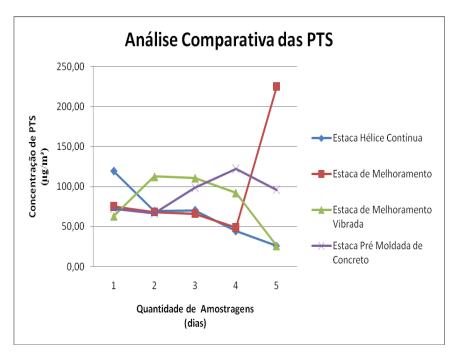


Figura 73 – Análises comparativas da emissão de concentração de Partículas Totais em Suspensão das obras estudadas.

Desconsiderou-se o ponto 5 da estaca de melhoramento em argamassa, em face da influência externa e atípica dos festejos do dia de São João, com queima intensa de fogueiras, que agravaram de forma considerável a emissão de poluentes no ar ambiente. É importante destacar que este tipo de manifestação cultural (São João), polui acentuadamente o ar ambiente.

Observa-se os resultados e comparando-os entre si, verifica-se que a obra da estaca pré moldada de concreto apresenta maior concentração de Partículas Totais em Suspensões (PTS) assumindo valor de 122,14 µg/m³; seguida pela obra da estaca hélice contínua onde os valores da concentração de Partículas Totais em Suspensões máximo assumiram o valor de 119,16 µg/m³; seguida pela obra da estaca de melhoramento vibrada, onde o valor da concentração de Partículas Totais em Suspensões máximo assumiu o valor de 112,69 µg/m³; e, finalmente, verifica-se que a obra de estaca de melhoramento apresentou menor concentração de Partículas Totais em Suspensões máximo assumindo o valor de 75,29 µg/m³.

Os bairros estudados são bastante diferentes, tanto populacionalmente como nos tipos de construções existentes, mas todos são residências. O bairro da Vázea, da obra de estaca de melhoramento, sem atividade no canteiro de obra, tem uma concentração de PTS de 68,27 µg/m³, no entanto, na terça feira, com a execução de seis estacas de nove metros a

concentração foi de 48,83 μg/m³, onde verificou-se a mudança acentuada na direção do vento, desviando as partículas totais em suspensão do AGV. O bairro de Boa Viagem da obra de estaca pré moldada, sem atividade no canteiro de obra, tem uma concentração de PTS de 66,33 μg/m³. O bairro do Arruda, da estaca de melhoramento vibrada, sem atividade no canteiro de obra, tem uma concentração de 25,99 μg/m³ e o bairro do Rosarinho, da obra de estaca hélice contínua, sem atividade no canteiro de obra, tem uma concentração de 25,97 μg/m³.

Analisando os resultados obtidos na campanha de amostragem nas quatro obras distintas e levando-se em consideração a poluição atmosférica dos bairros obtida no background, é possível concluir que as ordens classificatórias entre as estacas de fundação de maior nível de emissão, para o menor nível de emissão, modificam-se. Entretanto, os resultados constam da seguinte forma: com maior emissão atmosférica das PTS, fica a estaca hélice contínua assumindo o valor de 93,19 μg/m³, seguida da estaca de melhoramento vibrada com valor de PTS de 86,70 μg/m³, seguida da estaca de pré moldada de concreto com valor de 55,81 μg/m³ e, finalmente, como menor emissora de PTS, a estaca de melhoramento com valor de PTS de 7,02 μg/m³.

Durante as campanhas de amostragens das Partículas Totais em Suspensão, verificou-se que os aspectos climáticos, tais como chuvas, ventos e ações humanas (acender fogueiras, transito intenso, etc) influenciam os resultados da poluição ambiental.

Utilizou-se apenas um amostrador de grande volume. Diante da carência de equipamentos AGV adotou-se a estratégia de instalar o AGV a jusante do local de execução da fundação e da direção do vento, objetivando receber a maior contribuição das Partículas Totais em Suspensão provocadas pelo evento específico (execução da estaca de fundação).

Nessa forma de avaliação das concentrações de PTS qualquer interferência prejudica a campanha, desde a mudança da direção do vento, a algum evento circunvizinho ao terreno avaliado, condições climáticas, dentre outros.

A captação da campanha de amostragem das Concentrações de Partículas Totais em Suspensão seria melhor analisada com a instalação de, no mínimo, três amostradores de grande volume circulando o ponto de execução da estaca.

Os resultados mostraram que as obras de fundações apresentam concentrações de Partículas Totais em Suspensão abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecido pela resolução COMANA Nº 003/1990. No entanto, pode-se concluir que as obras de fundações estudadas não ultrapassaram os padrões de qualidade do ar estabelecido pela Legislação Brasileira, apresentando níveis de emissões inferiores aos estabelecidos.

Vale ressaltar que as campanhas de amostragens foram realizadas em bairros predominantemente residências, onde inexistem qualquer tipo de influência de industriais siderúrgica e termoelétricas.

A Tabela 90 apresenta os resultados das campanhas de amostragem das Partículas Totais em Suspensões nas demais obras em estudo, onde se compara os quatros tipos de fundações e classifica-as da mais poluente para a menos poluente.

Tabela 90 – Análise comparativa da concentração das PTS nas diferentes estacas estudadas.

Tipo de fundação	Estaca pré moldada	Estaca hélice contínua	Estaca de melhoramento (Tradicional)	Estaca melhoramento (Inovação)
Bairro	Boa Viagem	Rosarinho	Vázea	Arruda
Número de dias de amostragem	5	5	5	5
Concentração de PTS Background	66,33 μg/m³	25,97 μg/m³	68,27 μg/m³	25,99 μg/m³
Maior valor da concentração de PTS	122,14 μg/m³	119,16 μg/m³	75,29 μg/m³	112,69 μg/m³
Diferença = Maior Conc - Background	55,81 μg/m³	93,19 μg/m³	7,02 μg/m³	86,70 μg/m³

As campanhas de amostragens apesar de poucas fornecem uma informação bastante importante, que é a poluição atmosférica do bairro onde as obras estudadas encontram-se instaladas. Estas informações definidas com background podem ser comparadas com estudos antigos utilizando a mesma metodologia realizada pela Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH).

A partir do descrito pela CPRH (1999), o monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana do Recife – RMR teve como objetivo o conhecimento da contaminação do ar por poluentes atmosféricos em alguns bairros monitorados utilizando também o amostrador de grande volume e a comparação dos valores obtidos com os padrões de referências estabelecidos nacional e internacionalmente, de modo forma a possibilitar a aplicação de medidas preventivas e corretivas de controle. O monitoramento ambiental da qualidade do ar realizado pela CPRH, em 1998, não foi exatamente nos mesmos Bairros da campanha de amostragem realizada pela pesquisa, porém em bairros vizinhos. O Bairro da Encruzinhada é considerado um centro comercial da cidade, na zona norte, por esse motivo a concentração de Partículas Totais em Suspensão supera as concentrações de PTS obtidas, em 2010, nos Bairros vizinhos, como Rosarinho e Arruda, Bairros predominantemente residenciais com baixo potencial poluidor.

A Tabela 91 demonstra que houve um aumento da poluição por Partículas totais em Suspensão ao longo de doze anos contínuos. No entanto, desprezou-se as comparações dos Bairros do Rosarinho e Arruda com o Bairro da Encruzinhada, em razão deste ter características fortemente comerciais e empresariais.

Tabela 91 – Análise comparativa entre a concentração das PTS de 1998 e 2010.

Dia da Semana	Domingo	Domingo	Domingo	Sábado
Bairro da Pesquisa da UPE (2010)	Boa Viagem	Rosarinho	Várzea	Arruda
Concentração de PTS (2010)	66,33 μg/m ³	25,97 μg/m ³	68,27 μg/m³	25,99 μg/m ³
Bairro da Pesquisa da CPRH (1998)	Ipsep	Encruzinhada	Curado	Encruzinhada
Concentração de PTS (1998)	$41,08 \mu g/m^3$	31,91 µg/m ³	27,82 μg/m ³	31,91 μg/m ³

4.3 Resultados gerais dos impactos ambientais das estacas de fundações

A pesquisa observou os impactos ambientais da poluição sonora em quatro tipos de estacas e os nas outros quatros tipos os impactos da poluição do ar. Avaliaram-se, quais dos quatro tipos de estacas comumente utilizadas nas obras de edifícios causam maiores impactos ambientais na vizinhança, advindo dos agentes físicos dos ruídos e agentes físicos das concentrações de Partículas Totais em Suspensão.

Observando a Tabela 92 a classificação do processo executivo de estacas de fundações do mais impactante ao menos impactante resultou a seguinte situação: a estaca de melhoramento vibrada (terra probe) tem maior impacto ambiental relativo ao somatório dos estudos de poluição sonora e atmosférica, a estaca hélice contínua assume a segunda colocação como maior impactante, seguida da estaca de melhoramento tradicional como a terceira maior impactante e finalmente a estaca pré moldada como sendo a quarta impactante entre todas as quatros estacas estudadas.

Tabela 92 – Análise geral da poluições: sonoras e atmosféricas das estacas.

Tipo de fundação	Poluição Sonora (Ruídos)	Classificação da Poluição Sonora	Poluição Atmosférica (PTS)	Classificação da Poluição Atmosférica (PTS)	Total do grau de impacto	Fundação de maior impacto (Ruído e PTS)
Estaca pré moldada	95,7 dB	3ª	$55,81 \mu g/m^3$	3ª	6	4 ^a
Estaca hélice contínua	85,7 dB	4 ^a	93,19 $\mu g/m^3$	1ª	5	2ª
Estaca de melhoramento (Tradicional)	107 dB	1ª	7,02 μg/m³	4ª	5	* 3ª
Estaca melhoramento (Inovação)	97,7 dB	2ª	86,7 μg/m ³	2ª	4	1ª

*A estaca de melhoramento tradicional atingiu baixos níveis de poluição atmosférica apesar do Total do grau de impacto igualasse com o grau de impacto da estaca hélice contínua, seus níveis são bastantes extremos entre poluição sonora e poluição atmosférica. Devido à baixa contribuição na poluição atmosférica classificou-se como na terceira posição, ficando abaixo da poluição global da estaca hélice contínua.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Observou-se na primeira medição de campo, desta pesquisa, que os ruídos propagados pela execução de uma fundação profunda, utilizando o bate-estaca, são bastante agressivos, incômodos e indesejáveis. Numa medição do corredor do primeiro pavimento do edifício vizinho ponto 30, distanciado aproximadamente 7,4 m da fonte causadora do ruído (bate-estaca), observou-se um nível bastante alto, atingindo 94,9 decibéis.

Na presente pesquisa, observou-se que todas as práticas de execução de fundações encontramse com níveis de ruídos dentro da zona de desconforto e em desobediência com as normas pesquisadas. A estaca hélice contínua apresentou o menor nível de ruído, apesar do nível de ruído continuar fora dos limites máximos toleráveis, verificou-se que a estaca hélice contínua entre todas as estacas estudadas são a mais sustentáveis pelos motivos de reunir menor tempo de execução, maior produtividade e menor incômodo quanto a poluição sonora.

Finalmente observa-se que os estudos da poluição atmosférica apesar de inicial têm uma excelente perspectiva no intuito de conceder o processo construtivo das edificações de forma menos impactantes, buscando o tão sonhado sossego urbano, nas áreas densamente edificadas. O padrão de qualidade do ar estudado foi as Partículas Totais em Suspensão onde apresentou um resultado positivo para fase de fundação não ultrapassando os padrões primários e secundários descritos na Resolução CONAMA Nº003/90. Entretanto, o autor não descarta a possibilidade da fase de fundação prejudicar a qualidade do ar em outros padrões, tais como: taxa de poeira sedimentável total, material particulado menor que 10µm entre outros padrões. O desejo de tornar as construções nos grandes centros urbanos sustentáveis torna este trabalho importante como contribuição na busca de novas tecnologias em substituição às práticas tradicionais de construções amplamente executada na cidade do Recife.

5.2 Recomendações para futuras pesquisas

O autor da pesquisa recomenda que os estudos avancem e possibilitem as seguintes conquistas:

- Subsídio para discussão de uma legislação municipal envolvendo indicadores de ruídos e materiais particulados durante a construção de edificações;
- Elaboração e adoção de medidas mitigadoras no tocante a ruídos e materiais particulados das execuções de estacas;
- Pesquisa da emissão de ruídos e materiais particulados em todas as fases construtivas da obra e até pós obra (ocupação);

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I.T. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. Dissertação de Mestrado. 1999. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. 194 p.

ANDRADE, S.M.M. (2004) <u>Metodologia para Avaliação de Impacto Ambiental Sonoro da Construção Civil em Meio Ambiente Urbano</u>. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004. 268 p.

ARAÚJO, A.G.;SANTOS, M.C.A.; MELHADO, S.B. A expansão urbana e suas dificuldades: o caso de São José de Mipibú. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, I.,2009. <u>Anais.</u> São Carlos: SBQP, 2009. 1 PEN DRIVE.

ARAÚJO, A.G.; GUSMÃO, A. D.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B.; OLIVEIRA, K. P. S. Monitoramento de ruído da execução de fundações no Recife. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3, 2009, Recife. Anais. Recife, 2009. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, A.G.; GUSMÃO, A. D.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B.; OLIVEIRA, K. P. S. Analise comparativa dos ruídos da execução de fundações no Recife. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DA UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO, 3, 2009, Recife. Anais. Recife, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. MB 3402: atmosfera – determinação da taxa de poeira sedimentável total. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13412: material particulado em suspensão na atmosfera — determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9547: material particulado em suspensão no ar ambiente – determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: acústica — avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: edifício habitacionais de até cinco pavimentos - desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

CARROLL, Barbara; TURPIN, Trevor. <u>ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT HANDBOOK:</u> A PRACTICAL GUIDE FOR PLANNERS, DEVELOPERS AND COMMUNITIES. 2. ed. London: Thomas Telford, 2002. 195 p.

COMPAINHA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. <u>Relatório da qualidade do ar no Estado de São Paulo.</u> 1997. São Paulo, CETESB, 1998. (Série Relatório).

CPRH – Agencia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. <u>Poluição Atmosférica em</u> Pernambuco. Relatório Técnico.Recife, 1981.

CPRH – Agencia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Qualidade do ar na Região Metropolitana do Recife – 1998. Recife: CPRH/GTZ, 1999.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE.<u>Resolução CONAMA Nº001</u>: 1986. ed.Brasília: IBAMA.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE.<u>Resolução CONAMA Nº1 e 2</u>: 1990. ed.Brasília: IBAMA.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE.<u>Resolução CONAMA Nº003</u>: 1990. ed.Brasília: IBAMA.

COSTA FILHO, W. D. <u>Estudo hidroquímico da Planície do Recife</u>. Dissertação de Mestrado.Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997. 205 p.

COWHERD JR, C.; KINSEY, J.S.; MULESKI, G.E. <u>Particulate emissions from construction activities</u>. Artigo técnico do Midwest Research Institute e United States Environmental Protection Agency, EUA, 2005. 12 p.

DEGANI, C.M. <u>Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios.</u> Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 223p.

DIAS, José Walderley Coêlho. <u>Manual de Operação (Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão) – 2009.</u> Rio de Janeiro: Energética Qualidade do Ar, 2009. 108 p.

GONÇALVES, Claudio; BERNARDES, George De Paula; NEVES, Luis Fernando De Seixas. <u>ESTACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO:</u> QUEBRAS, VIBRAÇÕES E RUÍDOS (?). 1ª EDIÇÃO São Paulo: Associação Brasileira Da Construção Industrializada De Concreto, 2010. 294 p.

GUSMÃO, Alexandre Duarte; GUSMÃO FILHO, Jaime; OLIVEIRA, Joaquim Teodoro Romão; MAIA, Gilmar de Brito. <u>GEOTECNIA NO NORDESTE</u>. Recife: Editora Universitária Ufpe, 2005. 542 p.

GUSMÃO FILHO, Jaime de Azevedo; GUSMÃO, A.D. <u>Compaction Piles for Building Foundation</u>. International Conference on Geotechnical and Geological Enginnering, Melbourne, <u>Anais CD-ROM</u>. 2000.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz; FROTA, Régis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; NIYAMA, Sussumu. <u>FUNDAÇÃO TEORIA E PRÁTICA.</u> 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 1998. 751 p.

LACERDA, A.B.M.; MAGNI, C.; MORATA,T.C.; MARQUES, J.M.; ZANNIN, P.H.T. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. <u>Revista Ambiente e Sociedade (Campinas)</u>, Brasil, v.8, n.2, p.85-97, 2005.

MARTINS, Ana Rosa Bezerra. <u>CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE POEIRAS PRESENTES EM CANTEIROS DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS.</u> 2009. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica Da Universidade De Pernambuco, Recife, 2009. 201 p.

MENEZES, José Roberto Rezende de ; SILVA, Jose Jeferson Rego ; BANDEIRA FILHO, O. M. ; VALENTE, Maria Carolina Bandeira S. ; ALMEIDA, Marcos Lacerda . Contribuição para a identificação de aspectos ambientais e impactos significativos na gestão da construção de edificações urbanas. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2006, Bauru-SP. <u>Anais</u> do XIII SIMPEP, 2006.

PAZ, E. C.; FERREIRA, A.M.C.; ZANNIN, P. H. T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. Revista de Saúde Pública (USP impresso), v. 39, p. 467-472. 2005.

PRIORI JUNIOR, L; MENEZES, J.R.R.; GUEDES, R.; NETO, S.B.F. <u>Construção Sustentável: Potencialidades e desafios para desenvolvimento sustentável na construção civil.</u> Editora Brascolor, 22ª ed., Recife, 2008, 48 p.

RESENDE, F. <u>Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios</u>. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007. 210 p.

RESENDE, F. e CARDOSO, F.F. <u>Identificação de aspectos relevantes para a sustentabilidade de edifícios</u>. IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, 2005.

SALIBA, T. M. <u>Manual prático de avaliação e controle de Poeira e outros particulados</u>, Editora LTr, 3ª Edição, São Paulo, 2007, p. 110.

SALIBA, T. M. <u>Manual prático de avaliação e controle de ruído</u>, Editora LTr, 3ª Edição, São Paulo, 2007, p. 110.

SILVA, V.G. <u>Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica</u>. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003. 210 p.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. <u>Air quality criteria for particulate mattes.</u> v I. Estados Unidos: US EPA, 2004. 900 p.

ZANNIN, P.H.T.; SZEREMETA,B. Avaliação da poluição sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil. <u>Cadernos de Saúde Pública (ENSP. Impresso)</u>, Brasil, v.19, n.2, p.683-686, 2003.

ANEXO A



Certificate of Calibration

Certificate Number: 226105BBI010003

Model: SoundPro SP SE-2-1/1

Date Issued: 23-January-2009

S/N: BBI010003

> Quest Technologies, Inc. certifies that the above listed product meets or exceeds the requirements of the following standard(s):

IEC 61672-1-2002 Class 2 Sound Level Meter Type 2 ANSI \$1.4-1983 (R2001) Octave-Band Filters Class 1 IEC61260:2001 Octave Band Filters Class 1 ANSI \$1.43-1997 (R2002) for Sound Level Meters Type 2

Test Procedure: \$053-899

Subassemblies:

QF7052

S/N: 33433

Test Conditions:

Temperature:

18-25°C

SPro Preamp S/N: 12082939 Humidity:

20-80% R.H.

Barometric Pressure: 950-1050 mBar

Reference Standard(s):

Device

Cal Due Date

Uncertainty - Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

B&K Ensemble

3-July-2009

+/- 2.2% Acoustic (0.19dB)

Fluke 45

19-March-2009

+/- 1.4% AC Voltage, +/-0.1% DC Voltage

Calibrated By:

In order to maintain best instrument performance over time and in the event of inspection, audit or litigation, we recommend the instrument be recalibrated annually. Any number of factors may cause the calibration item to drift out of calibration before the recommended interval has expired.

All equipment used in this test is traceable to NIST, and applies only to the unit identified above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of Quest Technologies, Inc.

058-387 Rev F

QUEST TECHNOLOGIES

Page 1 of 1

a 3M company

1060 Corporate Center Drive ● Oconomowoc WI 53066 ● USA ● Toll Free 800.245.0779 ● Tel 262.567.9157 ● Fax 262.567.4047

An ISO 9001 Registered Company ● ISO 17025 Accredited Calibration Laboratory

www.questtechnologies.com



Declaration of Conformity Certificate Number: 226105BBI010003

The Following Directives Are Covered By This Declaration:

89/336/EEC Electromagnetic Compatibility Directive, As Ammended 73/23/EEC Low Voltage Equipment Directive, Ammended by 93/68/EEC

The Following Product Is Covered By This Declaration:

Model: SoundPro SP SE-2-1/1

S/N: BBI010003

The Basis On Which Conformity Is Being Declared:

The manufacturer hereby declares under his sole resposibility that the product identified above complies with the protection requirements of the EMC directive and with the principal elements of the safety objectives of the Low Voltage Equipment directive, and that the following standards have been applied:

EN50081-1 Electromagnetic Compatibility EN50082-1 Electromagnetic Compatibility

Signed:	moswa	Date: 23-January-200
	Mike Wurm - Vice President of Engineering	

Attention!

The attention of the specifier, purchaser, installer or user is drawn to special measures and limitations to use which must be observed when these products are taken into service to maintain compliance with the above directives.

Details of these special measures and limitations to use are available on request, and are also contained in the product manuals.

098-605 Rev A

QUEST TECHNOLOGIES

Page 1 of 1

a 3M company

1060 Corporate Center Drive ◆ Oconomowoc WI 53066 ◆ USA ◆ Toll Free 800.245.0779 ◆ Tel 262.567.9157 ◆ Fax 262.567.4047

An ISO 9001 Registered Company ◆ ISO 17025 Accredited Calibration Laboratory

www.questtechnologies.com

ANEXO B



ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. LME - LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA ENERGÉTICA

Rua Gravataí, 99 - Rocha CEP: 20975-030 Rio de Janeiro - RJ Tel: (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354 site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número:

CPV-GV-039/10

Data de emissão:

DADOS DO CLIENTE

Solicitante: Instituto de Apoio à Universidade de Pernambuco - IAUPE (UPE)

Avenida Agamenon Magalhães, s/nº - Santo Amaro, Recife - PE CEP: 50100-010 Calibração do Calibrador Padrão de Vazão (CPV) na faixa de 1,0 a 1,8 m³/min

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA A CALIBRAR

Equipamento:

Calibrador Padrão de Vazão para Grande Volume (tipo orifício)

CPV-0468

Modelo: **CPVGV**

TAG/AS: 77 Identificação:

DADOS DA CALIBRAÇÃO

Data de recebimento:

15/03/10

Temperatura: Pressão barométrica:

757,3 mmHg

Data da calibração: Local da calibração:

LME / Energética

PROCEDIMENTOS E/OU NORMAS APLICADOS

1) Normas ABNT: NBR 9547 (Set. 1997), Parágrafo 4.8.2 e NBR 13412 (Jun. 1995), Parágrafo 5.6.3

	EC	UIPAMENTOS/P	ADRÕES U	TILIZADOS		
Código	Equipamento	Dt. Calibr.	Dt. Venc.	Calibr. Por	N° Certif.	Rastreabilidade
MDRT-002	Medidor Roots	02/09/09	02/09/10	IPT	97 017-101	INMETRO/RBC Nº 162
TER-015	TLV	10/06/09	10/06/10	VISOMES	LV 18051/09	INMETRO/RBC Nº 0127
BAR-002	Barômetro	22/06/09	22/06/10	IFM	PR-1716/09	INMETRO/RBC Nº 0059
CRO-008	Cronômetro	10/06/09	10/06/10	VISOMES	LV-18052/09R1	INMETRO/RBC Nº 0127
EQUI-008	Régua Graduada	17/04/08	17/04/11	Leka's	2023508A	INMETRO/RBC Nº 0071
	Medidores	e equipamentos au	ixiliares veri	ficados previ	amente	
Código	Equipamer	nto	Rastreabilidade		Procedimentos Internos (LME)	
MANU-H2O Manômetro de coluna em U de água		Relatório nº M40-0086/08		IT-014		
MANU-H2O	U-H2O Manômetro de coluna em U de água		Relatório nº M80-0054/09		IT-014	

NOTAS

- 1) Os procedimentos de calibração empregados obedecem os métodos pertinentes da ABNT e da US EPA (vide referências na página 4). As notações aqui utilizadas são as da ABNT.
- 2) O Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão é aqui denotado por AGV PTS e o Amostrador de Grande Volume para Partículas Inaláveis, por AGV MP₁₀.
- 3) Os resultados desta calibração compreendem a faixa de vazão de 1,1 a 1,7 m³/min; portanto, são adequados tanto para AGV PTS quanto para AGV MP10.
- 4) Por exigência de normas, para o AGV PTS, os resultados da calibração (uma relação normalmente representada por uma reta) devem ser para condições-padrão; para o AGV MP10, para condições reais. Condições-padrão, conforme a Resolução 3 do CONAMA, são aquelas para 25 °C (298 °K) e 760 mmHg.
- 5) Este relatório é válido somente para o item ensaiado e só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita do laboratório.



ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. LME - LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA ENERGÉTICA Rua Gravataí, 99 - Rocha CEP: 20975-030 Rio de Janeiro - RJ

CEP: 20975-030 Rio de Janeiro - RJ Tel: (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354 site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número:	CPV-GV-039/10			Data de emissão:	15/03/10	
D. WALL			VALORE	S MEDIDOS		
Tensão (volts)	Tempo (t) (minutos)	dHc (cm H₂O)	dP (mmHg)	T ₁ (°C)	P ₁ (mmHg)	Vm (m³)
45	3,61	10,7	6,3	23,0	757,3	3,9682
50	3,39	12,2	7,1	22,8	757,3	3,9686
55	3,15	14,1	8,2	22,5	757,3	3,9689
65	2,76	18,2	10,8	22,7	757,3	3,9688
75	2,47	22,5	13,2	22,5	757,3	3,9679
85	2,23	27,3	16,1	22,8	757,3	3,9660

Nota 1: Os valores para tensão na coluna 1 são medidos no voltímetro do variac do Roots. Estas tensões são previamente escolhidas de modo a se obter 6 valores para a vazão na faixa de 1 a 1,8 m³/min.

Nota 2: Os valores para t, dHc e dP acima são as médias de 3 conjuntos de medidas tomando-se como base um volume predeterminado medido no Roots.

			VALORES C	ALCULAD	os			
		Condições	Reais			Condições	Padrão	
	Eix	ro-X	Eixo	o-Y	Eix	o-X	Eix	co-Y
Tensão (Volts)	$\mathbf{Q_r} = \frac{\mathbf{v_m}}{t} \left(\frac{\mathbf{v_m}}{t} \right)$	$\frac{P_1 - dP}{P_1}$	$dH_{corr} = \sqrt{dH_c \bigg(\frac{T_1}{P_1}\bigg)}$		$Q_p = \frac{v_m}{t} \Biggl(\frac{P_1 - dP}{760} \Biggl) \Biggl(\frac{298}{T_1} \Biggr)$		$\Delta H_{corr} = \sqrt{\Delta H_c \bigg(\frac{P_1}{760}\bigg)\bigg(\frac{298}{T_1}\bigg)}$	
	Vazão Q _r (m³/min)	Incerteza (m³/min) (±)	dH _{corr} (cm H ₂ 0)	Incerteza (cm H ₂ 0) (±)	Vazão Q _p (m³/min)	Incerteza (m³/min) (±)	dH _{corr} (cm H ₂ 0)	Incerteza (cm H ₂ 0) (±)
45	1,089	0,078	2,042	0,028	1,093	0,078	3,27	0,39
50	1,159	0,083	2,180	0,027	1,164	0,083	3,49	0,37
55	1,247	0,089	2,343	0,025	1,253	0,090	3,76	0,34
65	1,418	0,102	2,663	0,021	1,424	0,103	4,27	0,30
75	1,58	0,11	2,963	0,019	1,59	0,11	4,75	0,27
85	1,74	0,13	3,268	0,018	1,75	0,13	5,24	0,24

Nota 1: As incertezas expandidas relatadas acima são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrangência k, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95 %. As incertezas-padrão de medição foram determinadas de acordo com a publicação EA-4/02.

Nota 2: Com os dados acima, o usuário poderá construir sua relação de calibração em papel milimetrado, seja para condições reais, seja para condições padrão, plotando os valores para vazão no eixo dos X (abscissa) e o valores para dHcorr no eixo dos Y (ordenada). Entretanto, o usuário tem a opção de utilizar a equação de uma reta como aproximação de relação de calibração, como é apresentado na página 3.

well

PÁGINA 2/4



ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. LME - LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA ENERGÉTICA Rua Gravataí, 99 - Rocha

CEP: 20975-030 Rio de Janeiro - RJ Tel: (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354 site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

	CERTIFICAL	DO L	JE CAL	IBRAÇAO (CALCEVOV	<u> </u>	
Número:	CPV-GV-039/10			Data de emissão: 15/03/10		
	RELAÇÃO	DE CAL	IBRAÇÃO (Regressão linear: Y = a ₁ X + b ₁)		#/Leane
	AGV MP ₁₀ (Condições I	reais)		AGV PTS (Condições p	adrão)	
	$\sqrt{dH_c\left(\frac{T_1}{P_1}\right)} = a_1(Q_r) + b_1$			$\sqrt{dH_c\bigg(\frac{P_1}{760}\bigg)\!\bigg(\frac{298}{T_1}\bigg)}=a_1\!\bigg(\!Q_p^{}\bigg)+$	b ₁	
	Inclinação (a₁):		1,872	Inclinação (a₁):		2,990
Ince	erteza da medição de a₁:	±	0,013	Incerteza da medição de a₁:	±	0,021
	Intercepto (b ₁):		0,007	Intercepto (b ₁):		0,011
Ince	erteza da medição de b₁:	±	0,003	Incerteza da medição de b₁:	±	0,005
	Correlação (r ₁):		0,999	Correlação (r₁):		0,999

Nota: As incertezas (expandidas) das medições de a₁ e b₁ acima foram calculadas por metodologia apresentada no capítulo 4 da referência 3 descrita na página 4 e são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrangência k = 2,776 (v_{eff} = 4), fornecendo um nível de confiança de 95,45 %.

TESTE DE CONFORMIDADE DA RETA OBTIDA										
Tensão	\	/azão Q _r (m³/m	in)	Va	zão Q _p (m³/min)					
Volts	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (< 0,02 m³/min)	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (< 0,02 m³/min)				
45	1.089	1,087	0,002	1,093	1,090	0,002				
50	1,159	1,161	0.002	1,164	1,165	0,002				
55	1,247	1,248	0,001	1,253	1,254	0,001				
65	1,418	1,419	0,001	1,424	1,425	0,001				
75	1,579	1,579	0,000	1,587	1,587	0,000				
85	1 742	1.742	0.000	1.749	1.748	0,000				

Nota: De acordo com a NBR 9647 (1997), Item 4.8.2.16, "Um gráfico de certificação deve permitir leitura con aproximação de 0,02 m³/min nas condições padrão". Portanto, a reta obtida está em conformidade com a norma.

PARA USO POSTERIOR NA CALIBRAÇÃO (Cálculo da vazão)				
AGV MP10 (Condições reais)	AGV PTS (Condições padrão)			
$\mathbf{Q}_{r} = \frac{1}{a_{_{1}}} \Biggl(\sqrt{dH_{_{0}}\biggl(\frac{T_{_{2}}}{P_{_{2}}}\biggr) - b_{_{1}}} \Biggr)$	$\boldsymbol{Q}_{p} = \frac{1}{a_{1}} \Biggl(\sqrt{\boldsymbol{d}\boldsymbol{H}_{c} \biggl(\frac{\boldsymbol{P}_{2}}{760} \biggr) \! \biggl(\frac{298}{T_{2}} \biggr) \! - \boldsymbol{b}_{1}} \Biggr)$			

FREQUÊNCIA DE CALIBRAÇÃO DO CPVGV

1) De acordo com a NBR 9547 (1997), Item 4.8.2.17, o CPVGV deve ser recalibrado anualmente.

Lud



ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. LME - LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA ENERGÉTICA Rua Gravataí, 99 - Rocha

CEP: 20975-030 Rio de Janeiro - RJ Tel: (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354 site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Númer	o: CPV-GV-039/10	Data de	emissão: 15/03/10				
LEGENDA							
Т1	Temperatura ambiente no local e durante a calibração do CPV (°K)	Q _r	Vazão volumétrica em condições reais indica pelo CPV (m³/min)				
P ₁	Pressão atmosférica no local e durante a calibração do CPV (mmHg)	dH _{corr}	Pressão diferencial corrigida				
V_{m}	Volume, pré-fixado, indicado pelo MPV (m³)	V_p	Volume em condições-padrão indicado pelo C				
T_p	Temperatura nas condições-padrão (25 °C + 273 = 298 °K)	Q_p	Vazão volumétrica em condições-padrão indica pelo CPV (m³/min)				
P_{p}	Pressão atmosférica nas condições-padrão (760 mmHg)	a ₁	Inclinação da relação de calibração do CPV				
t	Tempo medido (min) correspondente a Vm	b ₁	Intercepto da relação de calibração do CPV				
dHc	Pressão diferencial no CPV (cmH ₂ O)		Fator de correlação da relação de calibração CPV				
dP	Pressão diferencial no MPV (mmHg)	T ₂	Temperatura ambiente no local e durante calibração do AGV (°K) (°K = °C + 273)				
Vr	Volume em condições reais indicado pelo CPV (m³)	P ₂	Pressão barométrica no local e durante calibra do AGV (mmHg)				

REFERÊNCIAS

- 1) Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente Determinação da Concentração Total pelo Método Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set., 1997.
- 2) Material Particulado em Suspensão na Atmosfera Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pol Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas. NBR 13412, Jul 1995
- Maria C. C. Werkema e Silvio Aguiar. Análise de Regressão: Como Entender o Relacionamento entre Variáveis de um Processo. Fundação Christiano Ottoni, UFMG, Belo Horizonte, 1996.

CALIBRADO POR:

APROVADO POR:

Elton da Costa Franco Técnico de Laboratório sé Walderley Coêlho Dias Gerente Técnico



ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. LME- LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA ENERGÉTICA

Rua Gravataí, 99 CEP 21975-030 Rio de Janeiro - RJ Tel - (21) 2501-1998 Fax (21) 2241-1354

CERTIFICADO DE CONTROLE DA QUALIDADE

Número:

M40-0111/08

Data de Emissão: 07/10/2008

CARACTERÍSTICAS DO OBJETO VERIFICADO

Descrição

Escala Graduada de Manômetro de Coluna D'água

Identificação: M40-0111

Marca: Energética

Faixa de medição:

0 a 40 cm (20 a -20 cm)

29/09/08

Resolução:

DADOS DA VERIFICAÇÃO

Data da verificação:

Local da verificação:

LME/ENERGÉTICA

PROCEDIMENTO APLICADO

O objeto verificado e uma régua padrão são apoiados em uma superfície plana. É feita a coincidência dos traçõe zeros e são verificadas as leituras de outros traços ao longo de toda a faixa de medição do objeto verificado. Todas as leituras devem possuir um desvio máximo de 1 mm em relação ao valor do padrão.

PADRÃO UTILIZADO									
Código	Equipamento	Dt. Calibr.	Dt. Venc.	Por	Nº Certif.	Rastreabilidade			
EQUI-008	Régua graduada padrão	17/04/08	17/04/11	LEKAS	2023508A	INMETRO/RBC (CAL 0071)			

RESULTADO DA VERIFICAÇÃO

Todas as leituras efetuadas no objeto estão dentro do desvio máximo de 1 mm.

NOTAS

A incerteza expandida (U) declarada para o padrão utilizado é de ± 0,4 mm e são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrangência k = 2, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95 %.

CONCLUSÃO

A escala graduada encontra-se dentro do limite de especificação do fabricante (ENERGÉTICA).

VERIFICADO POR

vargela N. Barro-Rosangela Barros

Técnico de Laboratório

APROVADO POR

José Walderley Coêlho Dias

Gerente Técnico

PÁGINA 1/1