

Partículas em Suspensão na Praça Camões (Bragança), durante a Construção do Parque de Estacionamento

Feliciano M.¹, Gonçalves A.¹, Gomes P.², Cardoso A.¹, Araújo R.¹.

¹Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, Campus de Santa Apolónia - Apartado 1138, 5301-854 BRAGANÇA, msabenca@ipb.pt

² SondarLab, Laboratório da Qualidade do Ar, Lda. Rua Pedro Álvares Cabral, nº 170^a, 3500-69 Viseu

Resumo

As concentrações de partículas em suspensão na atmosfera foram avaliadas na Praça Camões, em Bragança, durante a execução da obra do Parque de Estacionamento Subterrâneo, inserida no Programa BragançaPolis, com o objectivo de avaliar a incidência das actividades desta construção sobre a qualidade do ar local. Neste sentido, as concentrações mássicas das fracções de tamanho PTS, PM₁₀ e PM_{2.5} foram determinadas, em simultâneo, em diferentes fases da obra. A gravimetria foi o método usado para a quantificação das três fracções de tamanho, tendo-se recorrido a amostradores MiniVOL Airmetrics para recolher as amostras. A execução da obra foi acompanhada com um conjunto de medidas de controlo das emissões de poeiras, como o humedecimento regular da superfície.

O estudo realizado demonstra que a obra motivou um aumento dos níveis locais das três fracções de partículas em suspensão, susceptível de causar algum incómodo e problemas de saúde às populações locais. Os níveis mais elevados de PTS foram observados aquando da realização das operações de escavação e de ancoragem, porém as poeiras libertadas por estas actividades em maior proporção foram as de tamanho superior a 10 µm. As emissões associadas às operações de corte de betão e de pedra, bem como as operações de varredura das lajes e de outras superfícies, ao contrário das anteriores, são constituídas por uma fracção mais fina de poeiras, reflectindo-se num incremento significativo das concentrações de PM₁₀ e, inclusive, de PM_{2.5}. Não obstante as concentrações de PTS, PM₁₀ e PM_{2.5} serem um reflexo da natureza e do regime de intensidade das actividades desenvolvidas, factores como as condições atmosféricas e a eficácia dos procedimentos de redução das emissões também influenciaram a magnitude das concentrações.

Mais ainda se conclui que é necessário integrar práticas ambientais correctas na actividade de construção civil, ao longo de todas as suas etapas, de modo a salvaguardar-se a qualidade do ambiente e a saúde das populações.

Palavras Chave: Construção Civil, Impacte Ambiental, Partículas em Suspensão, Amostradores MiniVol.

1 Introdução

A construção, a demolição e outras actividades de engenharia civil são normalmente responsáveis pelo aparecimento de situações indesejáveis nas proximidades das áreas onde se desenvolvem (Griffith, 1995; Tam *et al.* 2004). Uma das principais razões resulta do facto destas actividades gerarem emissões significativas de matéria particulada para a atmosfera, mais precisamente de poeiras emanadas pelas acções mecânicas das máquinas com a superfície, do movimento de veículos, do manuseio de materiais, e ainda da acção do vento sobre o solo (Fuller & Green, 2004). As poeiras libertadas para a atmosfera podem constituir, por conseguinte, um factor de elevada incomodidade e de elevado risco para a saúde humana, neste último caso principalmente quando são de dimensões reduzidas (Dockery & Pope, 1994).

Estudos epidemiológicos desenvolvidos recentemente indicam que a fracção de partículas designada por PM₁₀ (partículas com diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 10 µm) podem causar danos graves nos sistemas pulmonar e cardio-vascular humano, podendo inclusive conduzir ao aumento das taxas de morbidez e de mortalidade (Schwartz *et al.*, 1996). Dockery & Pope (1994) reportam que por cada aumento de 10 µg m⁻³ da concentração de PM₁₀, a mortalidade pode sofrer um aumento de 0,6 a 1,6%.

Durante a última década, a designação PM₁₀ emergiu gradualmente como o processo de medição mais relevante e significativo, pelo facto de corresponder à fracção de partículas (fracção torácica) que entra no tracto respiratório através da boca/nariz, ou pelas vias aéreas superiores. Estudos mais recentes realçam a importância de quantificar partículas mais finas e mais agressivas (fracção respirável), que atingem facilmente as zonas não-ciliadas e alveolares dos pulmões (Chan *et al.*, 2001). Daí o crescente interesse em fracções de partículas como PM_{2.5}, PM₁ e PM_{0.1} (i.e., partículas com diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 2,5 µm, 1 µm e 0,1 µm, respectivamente).

Em resultado de todas estas evidências, tem havido, um pouco por toda a parte, desenvolvimento de um conjunto de esforços que visam a mitigação deste tipo de impacte ambiental, com especial destaque para a implementação de sistemas de gestão ambiental na indústria de construção (Shen & Tam, 2002 (Japão); Gilchrist & Allouche, 2004 (Canadá)) e a realização de acções de acompanhamento/avaliação dos impactes (Upton, 2002 (Reino Unido)). A nível nacional muito pouco tem sido feito em termos de prevenção e controlo das emissões de partículas deste tipo de actividades, mas a transposição da Directiva Europeia 99/30/EC, através do Dec. Lei nº 111/2002 de 11 de Abril, representa um passo importante no combate aos problemas de poluição do ar por material particulado e, conseqüentemente, na protecção da saúde humana. Com este novo quadro legal as autoridades locais devem contribuir para o alcance dos objectivos nacionais traçados para a qualidade do ar, e deve consciencializar-se os construtores para o problema das emissões atmosféricas, de modo a implementarem técnicas conducentes à redução das emissões.

Foi neste contexto, que o Instituto Politécnico de Bragança (IPB) desenvolveu, entre Março de 2003 e Junho de 2004, um Programa de Acompanhamento Ambiental da Obra de Construção do Parque de Estacionamento da Praça de Camões em Bragança, integrada no Programa de Requalificação Urbana e Valorização Ambiental - POLIS de Bragança. Este programa visou essencialmente o controlo operacional das actividades desenvolvidas na obra e a avaliação dos aspectos ambientais mais proeminentes.

Com o presente artigo pretende-se apresentar a parte deste estudo referente à avaliação da incidência da obra sobre a qualidade do ar local, com especial ênfase para os resultados obtidos com o trabalho que envolveu a determinação em simultâneo das concentrações mássicas das

fracções de partículas PTS, PM₁₀ e PM_{2,5} em diferentes fases da execução da obra, usando amostradores MiniVOL da Airmetrics.

2 Descrição do local e da actividade

2.1 Localização e principais características da obra

Geograficamente, o projecto de Construção do Parque de Estacionamento da Praça Camões e Arranjos Exteriores foi desenvolvido num espaço central da cidade de Bragança, com cerca de 4000 m², junto a diversos lugares de referência no quotidiano das populações, como a Praça da Sé, o Jardim António de Almeida e a Rua dos Combatentes da Grande Guerra (**Figura 1**).

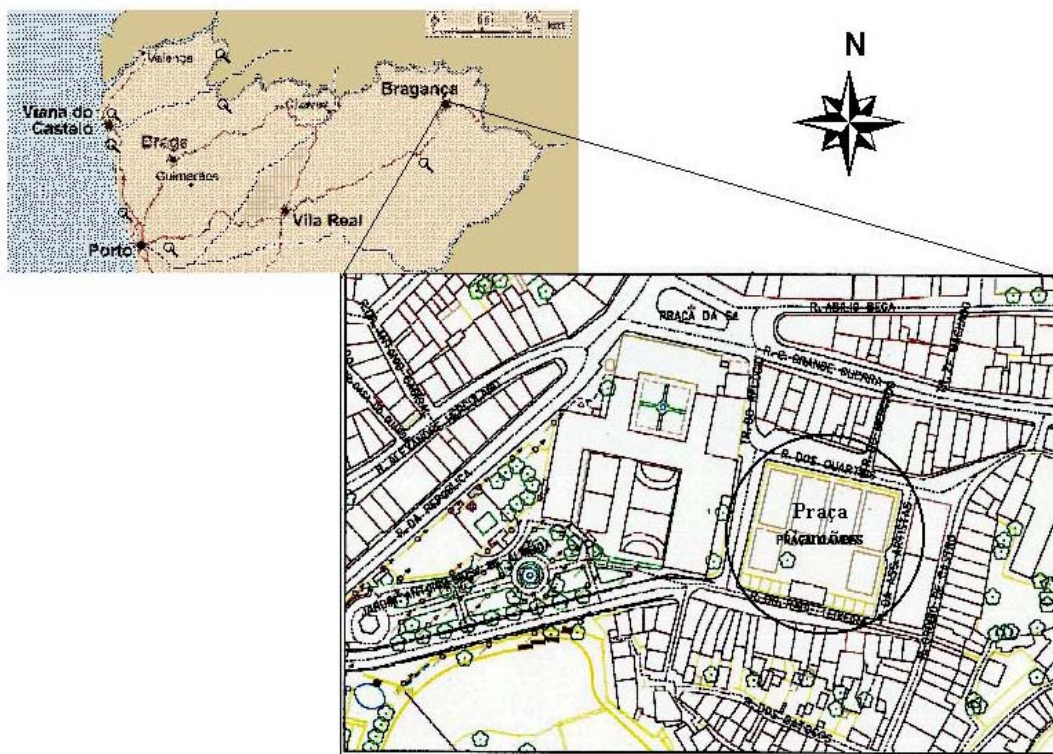


Figura 1: Localização da área de estudo.

A obra compreendeu a execução de um parque de estacionamento subterrâneo, constituído por dois pisos, com uma capacidade para 236 automóveis, num espaço que esteve, até ao arranque deste projecto, ocupado pelo Mercado Municipal.

2.2 Actividades Desenvolvidas

Este Projecto de natureza bastante complexa implicou a realização de múltiplas actividades, as quais se apresentam numa perspectiva cronológica na Figura 2.

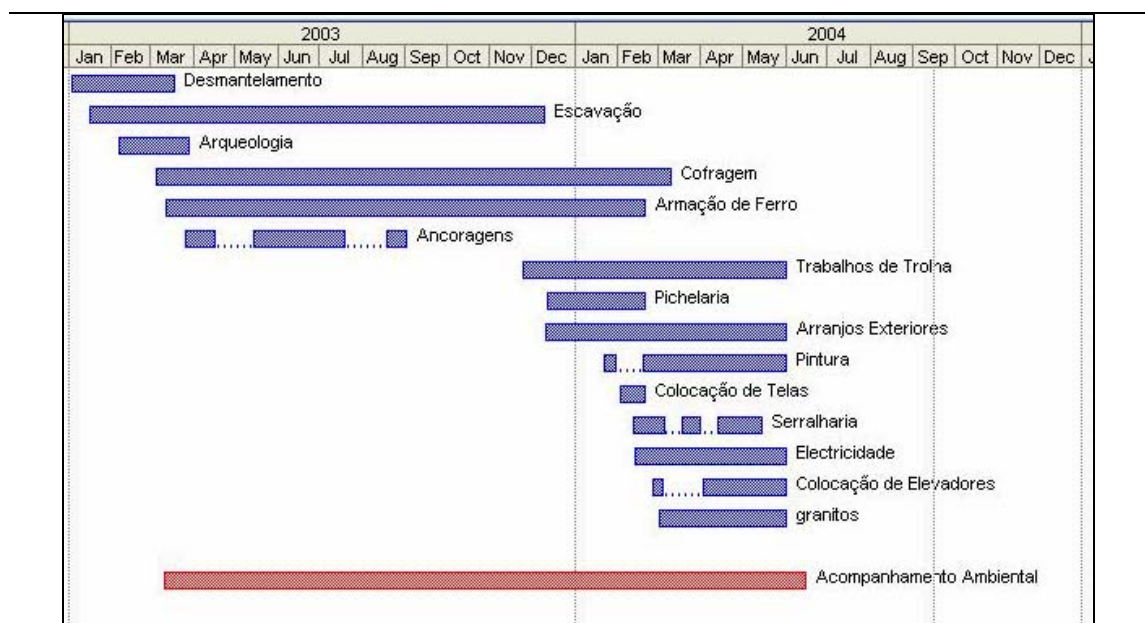


Figura 2: Cronologia das actividades desenvolvidas na obra.

As diversas actividades do projecto podem ser agrupadas em cinco categorias essenciais:

- O Desmantelamento das Instalações Pré-existentes, entre Janeiro e Março de 2002, a qual incluiu o desmantelamento das Instalações do antigo Mercado Municipal, excepção feita relativamente à fachada dos Antigos Talhos;
- A Escavação e Remoção de Terra, que contrariando todas as previsões iniciais, teve uma duração de cerca de onze meses, tendo-se concluído apenas em inícios de Dezembro 2003. A longa duração desta fase deveu-se essencialmente à presença de material rochoso duro, de elevada consistência, que fez com que os trabalhos se desenvolvessem a um ritmo bastante irregular. No global, a quantidade extraída de resíduos de solo e rochas foi estimada em cerca de 21000 m³;
- A Construção do Parque Subterrâneo, que pode ser dividida em duas sub-fases: a primeira envolvendo a realização de um conjunto de actividades desenvolvidas em paralelo com a escavação/remoção de terra, tais como a introdução de perfis, a construção das paredes de contenção periférica e ainda as operações de ancoragem, com início em Abril de 2003; e uma segunda de edificação do parque (construção de pilares e lajes), com início em Julho de 2003;
- Os Arranjos Exteriores, que envolveu a colocação/substituição de infra-estruturas várias, bem como a melhoria dos pisos das vias que contornam a Praça Camões. Embora conste na figura, entre Setembro e Dezembro desenvolveram-se algumas tarefas integradas nesta fase, de dimensão reduzida;
- Os Acabamentos, que incluiu múltiplas actividades, tais como: a colocação de telhas, pinturas, serralharia, pichelaria, instalação eléctrica, instalação de elevadores, colocação de granitos, entre outros.

3 Descrição Experimental

3.1 Amostragem de Partículas em Suspensão

Para avaliar quantitativamente o impacto global da obra sobre a qualidade do ar, foi implementado um plano de monitorização que compreendeu a determinação das concentrações das fracções de partículas em suspensão na atmosfera, designadas por PM_{2.5}, PM₁₀ e PTS. Este plano envolveu a realização de dez campanhas experimentais de campo, cada uma integrando, salvo raras excepções, amostragens em paralelo dos três parâmetros referidos anteriormente, em três períodos diários (24 horas) distintos. Na totalidade, obtiveram-se trinta dois registos de concentração para cada uma das fracções de tamanho avaliada, entre Abril de 2003 e Junho de 2004. Por motivos não contornáveis não foi possível caracterizar o local de estudo, em termos de concentrações de partículas na atmosfera, antes do arranque da obra (situação de referência).

O sistema de amostragem consistiu basicamente em três amostradores MiniVOL da Airmetrics, equipados com cabeças de amostragem específicas para a recolha de PM_{2.5}, PM₁₀ e PTS. Em algumas medições, as PTS foram amostradas com um equipamento desenvolvido pela SondarLAB. Os amostradores MiniVOL são unidades portáteis, com autonomia energética superior a 24 horas, que integram na sua pequena estrutura elementos que promovem a circulação de ar ambiente (5 l min⁻¹) através de um filtro, sobre o qual se vai acumulando o material particulado (Baldauf et al., 2001). Após a recolha das amostras de partículas, determinou-se a sua massa por gravimetria, obtendo-se a concentração, em µg m⁻³, através da seguinte fórmula:

$$\chi(\mu\text{g} / \text{m}^3) = \frac{\text{Peso líquido do filtro (mg)}}{\text{Volume de ar amostrado (m}^3)} \times 1000$$

em que χ é a concentração de PTS, PM₁₀ ou PM_{2.5} e o *Peso Líquido do Filtro* corresponde ao valor da diferença entre a massa final e a massa inicial do filtro. O coeficiente de 1000 é o factor de conversão de mg para µg.

3.2 Locais de Amostragem

Salvo uma excepção, em que a recolha de amostras de partículas em suspensão na atmosfera foi realizada na Praça da Sé, todas as outras amostragens tiveram lugar na área de implementação do projecto, mais precisamente na Praça Camões. Todavia, devido a factores de natureza variada, tais como a exiguidade de espaços não intervencionados, as constantes alterações da ocupação do espaço da obra e questões de logística, o local de amostragem foi mudando de campanha para campanha e nem sempre correspondeu ao mais adequado, do ponto de vista científico.

Em traços gerais, as primeiras sete campanhas de amostragem foram realizadas no topo Norte da área de intervenção. Na oitava, o ponto de amostragem deslocou-se para Nordeste e as duas últimas foram realizadas numa zona mais central da área de intervenção. Em todas as medições as tomadas de ar foram colocadas a sensivelmente 3 m de altura.

3.3 Procedimentos de Controlo Adoptados

Juntamente com a avaliação dos níveis atmosféricos de partículas em suspensão, foram implementadas de forma regular uma série de acções de controlo das emissões, tais como humedecer o solo da obra, limpar com frequência os rodados dos veículos, assegurar uma circulação cuidadosa de veículos e máquinas, proceder à cobertura das cargas pulverulentas, limpar regularmente os acessos e zonas afectas à obra, efectuar as operações de carga e descarga de forma a evitar a suspensão de material na atmosfera, e garantir uma adequação dos processo de construção. Por motivos de vária ordem, alguns destes procedimentos nem sempre foram implementados com a regularidade desejável.

4 Principais Resultados

4.1 Condições Meteorológicas

Na **figura 3** apresentam-se os valores médios diários da temperatura, radiação solar, humidade relativa, precipitação e velocidade do vento, registados a sensivelmente 2 metros de altura, numa estação meteorológica situada no Campus do Instituto Politécnico de Bragança, que dista cerca de 1 km do local de estudo. A situação ideal deveria passar pela recolha desta informação no local de estudo, mas por razões de vária ordem isso não foi possível. A direcção do vento é uma variável igualmente ou mais importante ainda do que as outras, porém dada a elevada probabilidade de o padrão de ventos do local de estudo divergir do registado no local da estação meteorológica, decidiu-se não incluir esta variável. Todavia, em virtude de a maioria das amostragens terem sido conduzidas em condições de vento fraco a moderado, as direcções do vento foram sempre bastante variáveis, nunca tendo sido identificado como o principal factor condicionador da magnitude das concentrações registadas.

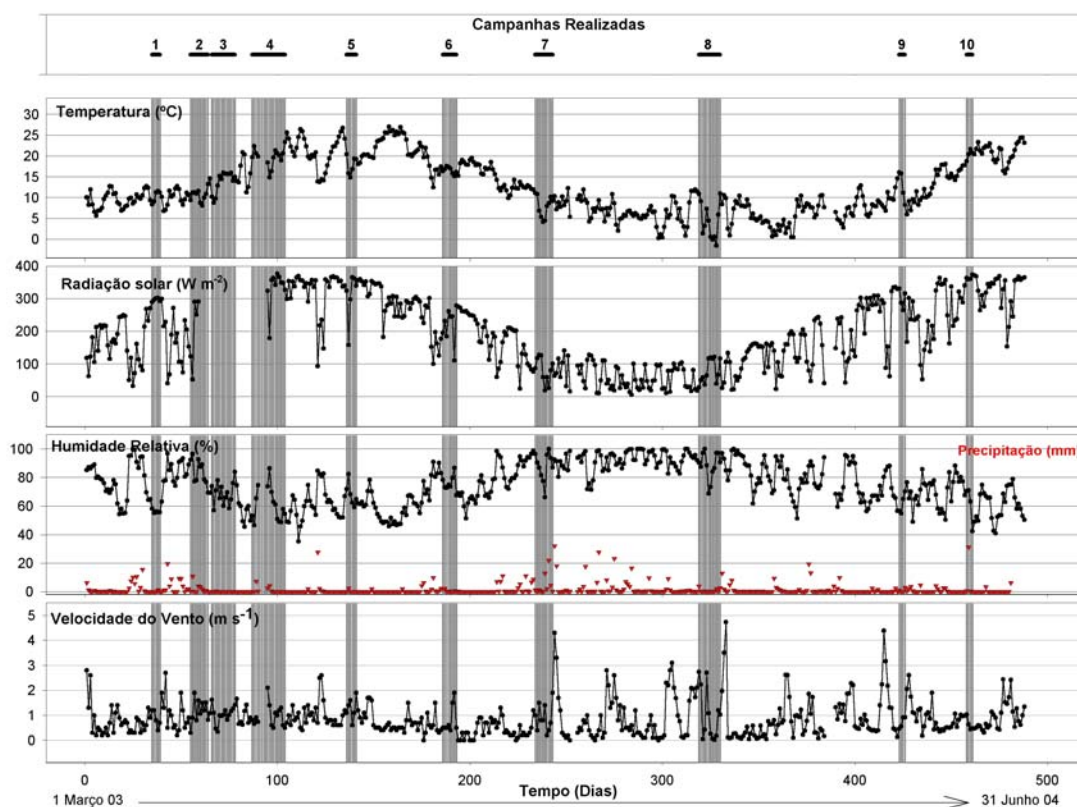


Figura 3: Condições meteorológicas registadas nas proximidades do local, ao longo do Programa de Acompanhamento Ambiental.

Como se pode constatar, as amostragens de partículas envolveram condições muito distintas, tendo possibilitado, desta forma, a avaliação do efeito das actividades de construção sobre a qualidade do ar local, em condições muito diversas. Este facto é positivo por um lado, mas, por outro, esta variabilidade das condições atmosféricas dificulta a avaliação das relações entre emissões e concentrações, na medida em que as condições meteorológicas são também um factor determinante da quantidade de substância na atmosfera.

4.2 Concentrações Mássicas de PTS, PM₁₀ e PM_{2.5}

Na **Tabela 1** apresentam-se os valores das concentrações diárias de PTS, PM₁₀ e PM_{2.5}, em $\mu\text{g m}^{-3}$, obtidas ao longo do período de execução da obra, na presença e na ausência de desenvolvimento de actividades de construção. Também constam da tabela, as condições meteorológicas avaliadas qualitativamente no local, em cada amostragem.

Tabela 1: Concentrações de Partículas em Suspensão (PM_{2.5}, PM₁₀ e PTS).

Nº Campan. – Amostrag.	Período de Amostragem	Partículas em Suspensão ($\mu\text{g m}^{-3}$)			Actividade na Obra	Condições Meteorológicas
		PM _{2.5}	PM ₁₀	PTS		
1-1	03-04/Abr/03	<28♦	36	206	Sim	Céu limpo; vento fraco a moderado; sem precipitação
1-2	05-06/Abr/03	<28♦	<28♦	83	Não	Céu limpo; vento moderado; sem precipitação
1-3	07-08/Abr/03	<28♦	<28♦	203	Sim	Céu limpo; vento moderado; sem precipitação
2-4	23-24/Abr/03	<28♦	<28♦	31	Sim	Céu nublado; vento fraco a moderado
2-5	29-30/Abr/03	<28♦	<27♦	♣	Sim	Céu nublado; vento moderado; precipitação durante a noite
2-6	02-03/Mai/03	<28♦	<28♦	44	Sim	Céu pouco nublado; vento moderado; sem precipitação
3-7	05-06/Mai/03	<28♦	39	144	Sim	Céu nublado; vento fraco a moderado
3-8	13-14/Mai/03	<28♦	54	77	Sim	Céu limpo; vento fraco
3-9	16-17/Mai/03	<28♦	<28♦	232	Sim	Céu limpo; vento fraco
4-10	26-27/Mai/03	<28♦	110	134	Sim	Céu limpo; vento fraco a moderado
4-11	29-30/Mai/03	<28♦	56	177	Sim	Céu limpo; vento fraco
4-12*	11- 12/Jun/03	<28♦	<28♦	58	Sim	Céu limpo; vento fraco
5-13	14-15/Jul/03	44	163	404	Sim	Céu nublado; vento fraco a moderado; alguma precipitação
5-14	16-17/Jul/03	<28♦	81	386	Sim	Céu alternando entre limpo e nublado; vento fraco a moderado
5-15	18-19/Jul/03	<28♦	85	381	Sim	Céu limpo; vento moderado
6-16	02-03/Set/03	16	19	102	Sim	Céu nublado; vento fraco a moderado; precipitação durante a noite;
6-17	04-05/Set/03	32	82	450	Sim	Céu alternando entre limpo e nublado; vento fraco a moderado
6-18	08-09/Set/03	13	33	95	Sim	Céu pouco nublado; vento fraco a moderado
7-19	20-21/Out/03	--	--	--	Sim	Céu nublado; vento moderado
7-20	23-24/Out/03	19	47	224	Sim	Céu nublado com abertas; vento fraco a moderado
7-21	28-29/Out/03	--	--	--	Sim	Céu nublado; vento fraco a moderado; precipitação

* Amostragem efectuada na Praça da Sé.

♦ valor mínimo de concentração de PM₁₀ e de PM_{2.5} quantificável, devido ao facto de o sistema de pesagem dos filtros apresentar um limite de detecção de 0,2 mg. A partir da sexta campanha, inclusive, recorreu-se a um equipamento de pesagem mais preciso (1 μg).

Tabela 1: (Continuação)

Nº Campan. – Amostrag.	Período de Amostragem	Partículas em Suspensão ($\mu\text{g m}^{-3}$)			Actividade na Obra	Condições Meteorológicas
		PM _{2,5}	PM ₁₀	PTS		
8-22	13-14/Jan/04	11	49	53	Sim	Céu nublado, com períodos de chuva; vento moderado a forte
8-23	15-16/Jan/04	34	49	85	Sim	Céu nublado, com períodos de chuva; vento fraco a moderado
8-24	19-20/Jan/04	88	158	273	Sim	Céu limpo; nevoeiro matinal; vento moderado
8-25	21-22/Jan/04	68	93	126	Sim	Céu alternando entre limpo e nublado; vento fraco
8-26	23-24/Jan/04	11	21	31	Sim	Céu alternando entre limpo e nublado; nevoeiro matinal; vento fraco
9-27	26-27/Abr/04	39	63	116	Sim	Céu limpo e vento fraco
9-28	27-28/Abr/04	26	45	102	Sim	Céu limpo, tendo evoluído para céu nublado; vento fraco a moderado
9-29	28-29/Abr/04	20	52	134	Sim	Céu nublado; vento moderado a forte
10-30	31/Mai-01/Jun/04	14	17	34	Pouco signific.	Céu limpo; vento fraco
10-31	01-02/Jun/04	16	19	39	Pouco signific.	Céu limpo, tendo evoluído para céu nublado; vento moderado
10-32	02-03/Jun/04	14	17	37	Pouco signific.	Céu nublado; vento moderado a forte

De modo a facilitar a interpretação dos resultados e a ilustrar de forma mais clara a evolução das concentrações das partículas em suspensão, construiu-se o gráfico da **figura 4**, no qual se apresentam as concentrações médias diárias de PTS, PM₁₀ e PM_{2,5}, obtidas em cada campanha. Foram excluídos desta análise os valores da amostragem 2, realizada na ausência de trabalhos na obra, e os da amostragem 12, realizada na Praça da Sé.

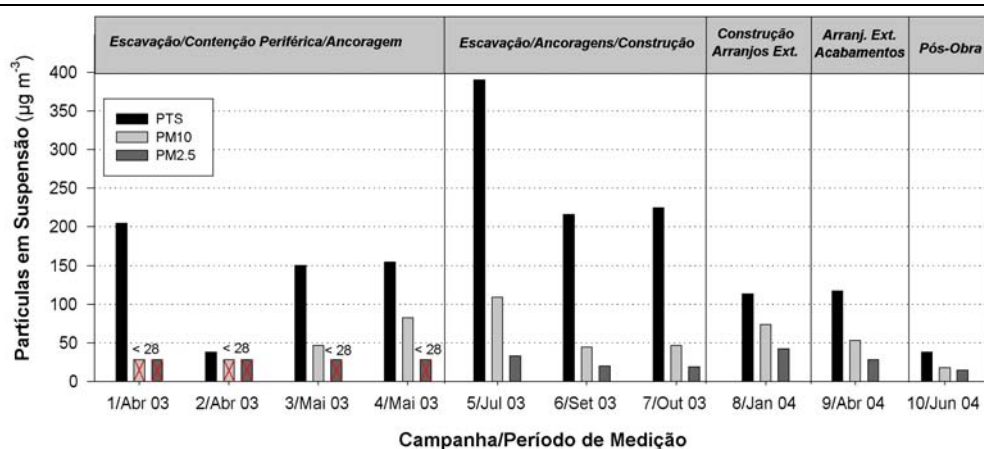


Figura 4: Concentrações diárias de PTS, PM₁₀ e PM_{2,5} registadas ao longo do Programa de Acompanhamento Ambiental, em períodos em que se desenvolveram actividades na obra.

Ainda que não tenha sido possível caracterizar a situação de referência, a comparação entre os valores médios obtidos em períodos com a obra activa (i.e., com execução de actividades) e os obtidos em períodos com a obra inactiva ou praticamente inactiva (i.e., na ausência de actividades), permite inferir facilmente que a obra motivou um aumento dos níveis das três fracções de partículas em suspensão na atmosfera local, nas diferentes fases da sua execução, ainda que de uma forma variável.

Em termos gerais, constata-se que, com a obra activa, as concentrações diárias de PTS foram quase sempre superiores a $150 \mu\text{g m}^{-3}$, as concentrações de PM_{10} ultrapassaram por várias vezes as $50 \mu\text{g m}^{-3}$, e as de $\text{PM}_{2.5}$ foram durante um período significativo superiores a $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Ao invés, na ausência de actividades (amostragem 2) ou em períodos em que foram pouco significativas (amostragem 30, 31 e 32, referente ao período pós-obra) a magnitude e a amplitude da gama de variação dos valores de concentração foi manifestamente inferior. Por exemplo, na amostragem 2, a concentração de PTS foi de $83 \mu\text{g m}^{-3}$, menos de metade dos valores obtidos, em igual período, com a obra activa. Para as PM_{10} as conclusões não são tão óbvias, mas os resultados sugerem ter havido uma tendência similar. Em termos gerais, os valores obtidos com a obra inactiva estão em conformidade com os valores obtidos para Bragança e inclusive para zonas urbanas de fundo, num estudo realizado no âmbito da Directiva 1999/30/CE, relativo à avaliação preliminar da qualidade do ar, que decorreu entre 1996 e 2000 (IA, 2002). Num estudo realizado no Reino Unido (Deacon et al., 1997), que envolveu a medição de partículas PM_{10} em várias cidades com concentrações de fundo, os valores médios horários de concentração desta fracção de tamanho variaram entre 20 e $34 \mu\text{g m}^{-3}$. Chan et al. (2001) reportam gamas de concentração para as fracções PTS, PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ de 94-301 $\mu\text{g m}^{-3}$, 67-142 $\mu\text{g m}^{-3}$, 50-125 $\mu\text{g m}^{-3}$, respectivamente, obtidas junto a vias rodoviárias com elevado tráfego.

Avaliando a evolução temporal das concentrações, constata-se também que os níveis de PTS, PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ são um reflexo da natureza e do regime de intensidade das actividades desenvolvidas ao longo das várias fases do projecto. Não obstante, não se devem excluir outros factores como que se prendem com a eficácia das medidas de controlo e com as condições atmosféricas prevalentes.

Durante a fase em que dominaram as acções mecânicas exercidas sobre o terreno (escavação, perfuração, ancoragem, carregamento dos camiões, circulação de veículos pesados, entre outras), a obra teve particular incidência sobre os níveis atmosféricos das fracções PTS e PM_{10} , as quais sofreram incrementos de concentração significativos. As concentrações de PTS atingiram em várias ocasiões valores superiores a $300 \mu\text{g m}^{-3}$, e as concentrações de PM_{10} ultrapassaram em alguns casos as $50 \mu\text{g m}^{-3}$. No que respeita às $\text{PM}_{2.5}$, não foi possível quantificar devidamente esta fracção de partículas, em termos de concentração mássica, na fase inicial do Programa de Acompanhamento Ambiental, uma vez que os valores obtidos se situaram abaixo do limite de detecção da técnica ($28 \mu\text{g m}^{-3}$). Após a sexta campanha de medição, tornou-se possível a quantificação desta fracção, tendo-se registado, salvo uma ou outra excepção, valores de concentração de $\text{PM}_{2.5}$ inferiores a $20 \mu\text{g m}^{-3}$.

O período mais crítico, durante a fase de escavação e remoção de solos, ocorreu entre Julho e Outubro de 2003. Em particular, o incremento das concentrações de PTS e PM_{10} registado em Julho foi em parte motivado pela operação da máquina de ancoragens. As operações de escavação constituíram também nessa altura uma importante fonte de poeiras, pelo facto de se desenvolverem sobre um substrato rochoso, bastante duro, e em condições meteorológicas favoráveis à libertação de poeiras para a atmosfera, principalmente a prevalência de tempo seco. Importa salientar todavia que, durante o mês de Julho, os trabalhos se concentraram numa zona relativamente próxima ao ponto de amostragem, facto que pode ter comprometido a representatividade espacial das concentrações obtidas.

Com o término da escavação e das ancoragens, os níveis de PTS sofreram um decréscimo substancial, para valores médios inferiores a $150 \mu\text{g m}^{-3}$. Porém, as concentrações referentes às fracções PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ evoluíram no sentido contrário. As concentrações médias diárias de PM_{10} subiram para valores superiores a $50 \mu\text{g m}^{-3}$ e as de $\text{PM}_{2,5}$ entre as 30 e $40 \mu\text{g m}^{-3}$. Estes valores sugerem claramente que as emissões de partículas da fracção PM_{10} dominaram, sendo que destas uma parte significativa é de tamanho inferior a $2,5 \mu\text{m}$.

Não obstante ser expectável uma redução global de emissão de partículas a partir do momento em que se concluíssem as acções mecânicas mais pesadas, a verdade é que se continuaram a desenvolver múltiplas actividades susceptíveis de introduzirem elevadas quantidades de matéria particulada na atmosfera, nomeadamente as operações de betonagem, corte de betão e de pedra, bem como as operações de varredura das lajes ou de outras superfícies. Mais, os procedimentos de controlo revelaram-se menos efectivos nesta fase, essencialmente pelo facto de não serem postos em prática com a frequência desejável.

Apesar de não ser fácil caracterizar as emissões da construção em termos de tamanho, evidências científicas apontam para emissões maioritariamente na gama $1\text{-}20 \mu\text{m}$ em termos de diâmetro aerodinâmico equivalente. Partículas mais finas, inferiores a $1 \mu\text{m}$ são difíceis de gerar mecanicamente porque apresentam raios área/volume elevados e, portanto, a sua tensão superficial por unidade de volume de aerossol é elevada. Partículas superiores a $20 \mu\text{m}$ não são facilmente levantadas pelo vento e têm tempos de vida atmosféricos relativamente baixos por causa da sua elevada sedimentação. Além destas origens primárias que foram identificadas, as partículas mais finas, principalmente as inferiores a $2,5 \mu\text{m}$, podem também ter sido gerado primariamente pelos processos de combustão das máquinas/veículos a diesel e uma outra parte ter tido origem secundária, ou seja, resultar de processos reactivos na atmosfera, envolvendo outras substâncias primárias lançadas na atmosfera (Seinfeld & Pandis, 1999).

A distribuição da matéria particulada pelas três fracções e a sua relação com a natureza das actividades desenvolvidas encontra-se ilustrada parcialmente na **figura 5**, onde a relação $\text{PM}_{10}/\text{PTS}$ é apresentada em função do período temporal. As relações $\text{PM}_{2,5}/\text{PTS}$ não figuram, mas apresentam de certa forma a mesma tendência. Esta análise evidencia a existência de duas situações distintas em termos de caracterização das emissões por tamanho: uma primeira em que as partículas de tamanho superior a $10 \mu\text{m}$ têm dominância sobre a massa total; e uma segunda em que ocorre precisamente o contrário, sendo que neste último caso, uma parte significativa de partículas apresenta tamanhos abaixo dos $2,5 \mu\text{m}$.

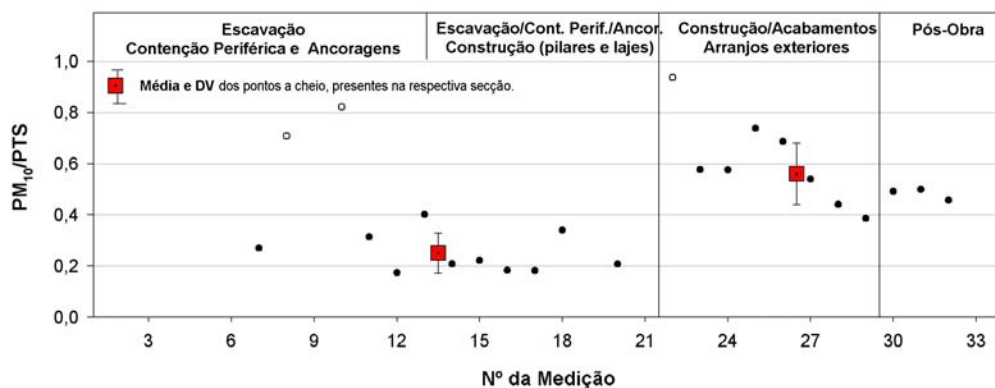


Figura 5: Relação entre as fracções PM_{10} e PTS.

4.3 Avaliação da Conformidade Legal

A conformidade legal das partículas em suspensão para o território nacional assenta essencialmente em dois diplomas:

- a Portaria 286/93, de 12 de Março, que fixa o valor-limite anual para as Partículas Totais em Suspensão (PTS) em $150 \mu\text{g m}^{-3}$;
- e o Decreto-Lei nº 111/2002 de 16 de Abril, que fixa os Valores-limite e limiares de avaliação diários e anuais para Partículas em Suspensão (expressas em PM_{10}), relativos à protecção da saúde humana, estabelecendo que no final de 2005 a média diária de PM_{10} não deve exceder os $50 \mu\text{g m}^{-3}$, em mais de 35 dias por ano e a média anual não deverá exceder as $40 \mu\text{g m}^{-3}$. Numa Segunda fase, em finais de 2010, a média diária de PM_{10} não deve exceder os $50 \mu\text{g m}^{-3}$, em mais de 7 dias por ano e a média anual não deverá exceder as $20 \mu\text{g m}^{-3}$.

Relativamente às $\text{PM}_{2.5}$, estão ainda por definir os valores-limites para o território nacional e para a União Europeia. Nos E. U. A., pelo contrário, existem valores definidos: no Estado da Califórnia, o valor-limite relativo a este parâmetro para o ano civil é de $12 \mu\text{g m}^{-3}$. As Normas Federais, da responsabilidade da EPA, impõem para as $\text{PM}_{2.5}$ o valor médio anual de $15 \mu\text{g m}^{-3}$ e o valor médio diário de $65 \mu\text{g m}^{-3}$. Estas mesmas normas estabelecem para as PM_{10} os valores médios anuais e médios diários de $50 \mu\text{g m}^{-3}$ e $150 \mu\text{g m}^{-3}$, respectivamente.

Com base no que foi descrito, e apesar de os registos serem exíguos para uma avaliação fidedigna, infere-se que as actividades de construção podem causar cenários de inconformidade legal nas áreas de implementação do projecto. Isto significa, que nestes casos as populações ficam expostas a condições adversas à sua saúde e ao seu bem-estar social. Estudos mais detalhados, realizados com elevados recursos corroboram esta conclusão (Fuller & Green, 2004). Assim sendo, justifica-se a necessidade de implementar boas práticas ambientais na indústria de construção, Upton (2002) descreve na sua comunicação uma situação de sucesso mais elevado, ao registar apenas uma única excedência do Valor-limite diário de PM_{10} , atribuindo este facto à eficácia das medidas de controlo implementadas ao longo da execução da obra.

5 Considerações Finais

Apesar deste estudo assentar numa metodologia simples, com evidentes limitações, impedindo logo à partida uma investigação pormenorizada, permitiu recolher informação suficiente para avaliar a incidência da obra na qualidade do ar, mais precisamente nos níveis de material particulado da atmosfera local.

Os principais resultados mostram claramente que as actividades de construção civil lançam para a atmosfera partículas de vários tamanhos, sendo particularmente preocupante a sua contribuição para o aumento dos níveis da fracção PM_{10} , a qual é susceptível de causar efeitos adversos na saúde humana. Pois, foram várias as situações em que se registou excedência do Valor-limite diário para as PM_{10} , principalmente na fase de construção.

Esta constatação ganha contornos mais drásticos se pensarmos que a maior parte das actividades de construção não são objecto de qualquer controlo ambiental, nem tão pouco desenvolvidas com a adopção das melhores regras/práticas ambientais.

Neste sentido, é inequívoco que se justifica uma intervenção mais apertada ao nível do controlo e da prevenção das emissões destas fontes, devendo os custos de controlo serem incorporados nos orçamentos de construção dos empreendimentos.

Agradecimentos

Apresentamos os nossos sinceros agradecimentos ao Consórcio FDO/Eusébios pela colaboração que prestou ao longo do Programa de Acompanhamento Ambiental da obra do Parque de Estacionamento, bem como pelo facto de não se ter oposto à publicação do estudo desenvolvido. Uma palavra de gratidão também a todo o grupo de climatologia do IPB, em particular ao Eng^o Arsénio, por nos ter disponibilizado a informação meteorológica.

Referências Bibliográficas

- Baldauf, R. B., Lane, D. D., Marotz, G. A. & Wiener, R. W. (2001): Performance evaluation of the portable MiniVOL particulate matter sampler. *Atmospheric Environment* 35. 6087-6091.
- Chan, L. Y., Kwok, W. S., Lee, S. C. & Chan, C. Y. (2001): Spatial variation of mass concentration of roadside suspended particulate matter in metropolitan Hong Kong. *Atmospheric Environment* 35. 3167-3176.
- Deacon, A. R., Derwent, G., Harrison, R. M., Middleton, D. R. & Moorcroft, S. (1997): Analysis and interpretation of measurements of suspended particulate matter at urban back-ground sites in the United Kingdom. *Science of the Total Environment* 20, 17-36.
- Dochery, D. W. & Pope III, C. A. (1994): Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annual Review Public Health* 15, 107-132
- Fuller, G. W. & Green, D. (2004): The impact of local fugitive PM₁₀ from building works and road works on the assessment of the European Union Limit Value. *Atmospheric Environment* 38. 4993-5002.
- Griffith, A. (1995): *Environmental management in construction*. Macmillan. 1995.
- Instituto do Ambiente (2002): Avaliação preliminar da qualidade do ar, no âmbito da Directiva 1999/30/CE – SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀ e Pb. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e do Ambiente, 2002.
- Schwartz, J. Dockery, D. W. & Neas, L. M. (1996): Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of the Air and Waste Management Association* 46, 927-939.
- Seinfeld J. H. & Pandis S. N. (1998): *Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, Inc. EUA.
- Shen, L. Y. & Tham, V. W. Y. (2002): Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry. *International Journal of Environmental Project Management* 20, 535-543.
- Tam, C. M., Tam, V. W. Y. & Tsui, W. S. (2004): Green construction assessment for environmental management in the construction industry of Hong Kong, *International Journal of Project Management* (em fase de publicação).
- Upton, S. (2002): Effects of a construction site on local PM₁₀ levels. Presentation at the Investigation of air Pollution Standing Conference, Manchester, June 2002.
http://www.iapsc.org.uk/presentations/s_upton_0602.pdf