

Antônio Horácio Miguel, Instituto de Química, Departamento  
de Química Fundamental, Universidade de São Paulo, S. P.

ABSTRACT

ANALYTICAL CHEMISTRY: THE KEY TO THE EVOLUTION OF THE CONTROL OF  
ATMOSPHERIC POLLUTION. As an example of the role played by  
analytical chemistry in problems of air pollution, we describe  
key analytical steps leading to the determination of the size  
distribution function of benzo(a)pyrene (BaP), a well known  
mutagen, in air samples. Using these data and a model for the  
deposition of aerosols in the human respiratory tract, our  
estimates indicate that about 40% of the BaP mass inhaled by  
humans is deposited in the respiratory system.

Introdução

O transporte atmosférico, penetração e deposição de aerossóis no  
trato respiratório humano depende, principalmente, de sua  
distribuição de tamanho (DT) e propriedades dinâmicas. Portanto,  
uma ação legislativa que vise o estabelecimento de padrões de  
qualidade do ar para substâncias tóxicas particuladas requer o  
conhecimento da DT dessas substâncias nas principais fontes de  
emissão e na atmosfera. Visto que impactadores em cascata  
utilizados na segregação de partículas por tamanho funcionam a  
baixas vazões, (1-30 L/min), e que as substâncias tóxicas estão  
presentes na atmosfera em níveis de  $\text{ng}/\text{m}^3$ , a determinação da DT  
dessas substâncias se torna um problema analítico formidável:  
requer técnicas analíticas muito sensíveis, capazes de  
quantificação em nível de picograma.

O agente mutagênico BaP e outros hidrocarbonetos policíclicos  
aromáticos (HPAs) são formados em qualquer processo de combustão  
a alta temperatura envolvendo substâncias sólidas, líquidas ou  
gasosas contendo carbono e hidrogênio. Descrevemos a seguir as  
principais etapas analíticas envolvidas na determinação da DT  
de BaP (e outros HPAs) presentes em aerossóis atmosféricos.

PARTE EXPERIMENTAL

**Amostragem.** Aerossóis emitidos por veículos automotores e  
coqueiras, e presentes em atmosferas urbanas foram coletados com  
impactadores em cascata de baixa pressão com cortes de diâmetros  
aerodinâmicos ( $d_{50\%}$ ) de 4,0, 2,0, 1,0, 0,5, 0,26, 0,12, 0,075 e  
0,050  $\mu\text{m}$  operando a 1  $\text{L}/\text{min}$ . Os períodos de amostragem variaram  
entre 20 min (coqueira) e 3x24 horas (ar urbano).

**Extração dos HPAs.** Os HPAs depositados nos discos de impactação  
foram extraídos com benzeno (atualmente usamos diclorometano) e  
os volumes de extração reduzidos para 30  $\mu\text{L}$ .

**Determinação dos HPAs:** Inicialmente alguns HPAs (BaP,  
benzo(ghi)perileno e coroneno) foram separados utilizando placas  
delgadas de celulose acetilada (21%) e determinados por  
espectrofotofluorometria<sup>3,4</sup>. Com o aparecimento da coluna  
Supelcosil-LC PAH, 10 ou mais HPAs passaram a ser determinados  
simultaneamente por cromatografia a líquido de alto desempenho  
(HPLC) com detecção por fluorescência molecular<sup>5,6</sup>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As DT de BaP de aerossóis veiculares e de aerossóis atmosféricos  
são bimodais (um pico grande em torno de 0,08  $\mu\text{m}$  e um pequeno em  
torno de 0,3  $\mu\text{m}$  dp) e similares em forma (Fig. I). O  
deslocamento para diâmetros maiores, observado no pico em torno  
de 0,08  $\mu\text{m}$  da DT do ar ambiente, indica a ocorrência de  
coagulação durante o transporte atmosférico do aerossol (Fig. I).  
As DT de BaP obtidas nos túneis Caldecott de Berkeley e Santa  
Barbara da cidade do Rio de Janeiro são similares<sup>5</sup>. As DT  
obtidas em áreas urbanas dessas cidades são também  
similares entre si<sup>2,3</sup>. Entretanto, as DT de BaP em emissões de  
uma coqueira (Los Angeles) possuem duas grandes modas: uma em  
torno de 0,08  $\mu\text{m}$  e outra entre 0,5 e 4  $\mu\text{m}$ <sup>4</sup>. As concentrações  
totais de BaP na coqueira foram as maiores (58-243  $\text{ng}/\text{m}^3$ ),  
seguidas das medidas no interior dos túneis (8,2-42,8  $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

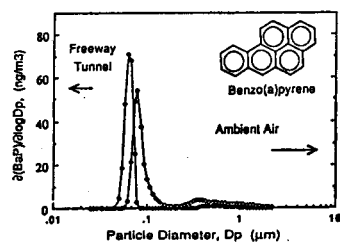


Figura I. Distribuições de BaP em função do tamanho da partícula

As concentrações ambientais totais de BaP nas duas cidades foram  
similares: 1,0 e 1,6  $\text{ng}/\text{m}^3$ , respectivamente para Pasadena,  
Califórnia, e Ilha do Fundão, R.J. A DT de outros 9 HPAs  
veiculares estudados são similares às DT de BaP<sup>6</sup>.

As estimativas da distribuição de BaP no trato respiratório,  
calculadas a partir das DT obtidas e do modelo do Task Group on  
Lung Dynamics<sup>7</sup> para deposição de aerossóis no trato respiratório  
humano (Tabela 1) mostram que a maior fração do BaP é depositada  
na região pulmonar, variando entre 25 e 39% do BaP inalado.  
Frações menores, porém significativas, são depositadas em outras  
regiões do trato respiratório (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativas da Fração de BaP (%) Depositada no Trato  
Respiratório Humano<sup>4</sup>.

Compartimento da Deposição	Distribuição de Tamanho		
	Veicular (%)	da Coqueira (%)	do Ar (%)
Nasofaríngeo	0	8	3
Traquéia e Árvore Bronquial	5	3	4
Pulmonar	39	25	34

CONCLUSÕES

Entre 36% e 41% do mutagênico BaP respirado por humanos se  
deposita no trato respiratório. Tendo em vista que, normalmente,  
respiramos cerca de 20  $\text{m}^3$  por dia, a massa de BaP urbano  
depositada diariamente no trato respiratório está em torno de 8  
 $\text{ng}$  ( $1 \text{ ng}/\text{m}^3 \times 0,4 \times 20 \text{ m}^3$ ). Para trabalhadores de coqueiras,  
motoristas de coletivos de superfície e guardas de trânsito, por  
exemplo, a massa de BaP depositada é maior. Essas estimativas  
apontam para a importância de se estabelecer, com urgência,  
limites de emissão (para as principais fontes) e padrões de  
qualidade do ar para BaP e outros HPAs mutagênicos, comumente  
encontrados em aerossóis atmosféricos adsorvidos na superfície  
da fuligem<sup>6</sup>.

Agradecimentos

Os estudos aqui relatados foram financiados pelo CNPq, FINEP,  
BID/USP, US Environmental Protection Agency e National Center  
for Intermedia Transport Research, UCLÁ.

Referências Bibliográficas

- Hering, S.V. et al., Environ. Sci. Technol. (1979), 13, 184.
- Miguel, A.H., Intern. J. Environ. Anal. Chem. (1982), 12, 17.
- Miguel, A.H. e Friedlander, S.K. Atmos. Environ. (1978), 12,  
2407.
- Miguel, A.H. e Rübénich, L.M.S. in Polycyclic Aromatic  
Hydrocarbons: Chemistry and Biological Effects. A. Bjørseth e  
A.D. Dennis, Edrs., Battelle Press, Ohio, (1980), 1077.
- Miguel, A.H. e de Andrade, J.B. Intern. J. Environ. Anal.  
Chem. (1989), 35, 35.
- Miguel, A.H. e Hering, S.V. (1991) em preparação.
- Bates, D.V. et al. Task Group on Lung Dynamics, Health Phys.  
(1986), 12, 173.