

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO RIO DE JANEIRO*

Adalberto Serra**

O PROBLEMA POLUIÇÃO

Conforme ensinamentos colhidos em observações acuradas, a poluição potencial depende das condições meteorológicas. Já a poluição afetiva dependerá também da quantidade e natureza dos agentes poluidores. Estes serão, sobretudo, de natureza industrial, acrescidos daquelas resultantes da civilização. Isto porque o ar não é uma mistura de gases puros, possuindo, principalmente próximo ao solo, farta dose de impurezas. Se estas resultam de causas naturais, que existem normalmente, o problema da poluição, em geral, não se apresenta. Em se tratando de uma erupção vulcânica, resulta, é claro, em poluição considerável, embora natural. É, contudo, a vida cada vez mais artificial do homem, que torna o problema grave e premente, exigindo soluções técnicas ou, talvez, como alguns supõem, o retorno à fase anterior à civilização industrial.

Mesmo assim, há extensas regiões da Terra ou, pelo menos, longos períodos, em

que sob condições atmosféricas favoráveis à convecção ou à rápida dispersão das impurezas, a poluição permanece em índices toleráveis. E isto, malgrado o contínuo despejo de poluentes no ar, originados da intensa atividade industrial.

Quando se fala em índices toleráveis de poluição significa que os prejudicados são em número pequeno, ou em maior número, mas só a longo prazo. Assim, os protestos permanecem fracos, e obrigam as autoridades a providências, sempre tímidas e tardias.

Por outro lado, em certas zonas ou pelo menos em épocas especiais, condições desfavoráveis se verificam, quando sob a forte estabilidade atmosférica, os poluentes não sofrem qualquer dispersão apreciável. Permanecem, assim, próximo ao solo ou em níveis baixos, causando problemas à saúde de toda a população, e não apenas de uns poucos infelizes, apesar de uma atividade industrial, mais reduzida que no caso anterior. E se níveis perigosos ocorrem, será preciso cessar os despejos, ou mesmo interromper a produção.

*Recebido para publicação em 30/10/86.

**Engenheiro civil do Ministério da Agricultura.

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO RIO DE JANEIRO

Neste trabalho procura-se estudar as condições de poluição atmosférica observadas no Rio de Janeiro. Para tanto, foram levantadas, mediante radiossondagens, as condições diárias e as médias mensais de alguns índices úteis. O período estudado atingiu seis anos (1968-1973), os resultados são apresentados nas figuras 1 a 6 e tabelas 1 e 2.

Como primeiro índice e seguindo os ensinamentos das autoridades no assunto, tem-se a frequência média (normal de seis anos) dos dias sob velocidade média abaixo de 2,5 mps e sem precipitação. Isto porque ventos fracos não ajudam a dispersar as impurezas, enquanto a chuva tende a coletá-las e depositá-las no solo. Desse modo, o número total de dias em tais condições (pouco vento e chuva) será proporcional à *poluição potencial*.

Numa média anual tem-se 144 dias, ou 12 em cada mês. Observando-se o gráfico, verifica-se que a melhor fase, quando tais condições nocivas se tornam mais raras, é a de outubro a dezembro (7 a 8 dias por mês). A fase de verão e outono já decorre pior, com 10 dias em média. E o problema será mais grave de maio a agosto, com 16 a 20 dias, enquanto setembro representa um retorno à melhor situação, com 11 dias. Não é preciso lembrar que a estabilidade do inverno, sob o domínio da Alta do Atlântico e numa fase de pouca chuva, fica responsável pela piora ocorrida; já no verão, constantes precipitações tornam mais raras as condições desfavoráveis.

No caso de tais situações serem apenas ocasionais e separadas por longos períodos de acentuada dispersão, a poluição não alcançará índices perigosos. Assim, convém calcular o número dos dias seguidos em que se mantém a condição 1: vento médio abaixo de 2,5 mps e sem precipitação. Ora, pela própria natureza da circulação há uma per-

sistência na atmosfera, repetindo-se a condição 1, em geral, por 2 a 3 dias, os vários meses pouco diferindo entre si, exceto agosto — 3 e dezembro — 1.

Considerando, porém, só as fases mais extensas, em que a condição 1 persiste quatro ou mais dias, o que foi dito se confirma: há, em média, de janeiro a abril, sempre, uma fase sob condições adversas e que persistirá por quatro dias (janeiro ou abril), seis dias (fevereiro) ou três dias (março).

No inverno, a piora é acentuada.

De maio a agosto tem-se, em geral, duas fases cada uma, de cinco a seis dias consecutivos. Em setembro e outubro apenas uma fase, com 3—4 dias sendo o melhor período novembro—dezembro, quando somente a cada dois anos (Frequência 0,5), ou cada três anos (Frequência 0,3) ocorrem fases com duração média de 2—3 dias.

Como os gráficos das figuras 1 e 4 pouco diferem, resta notar que os resultados do último são mais úteis, dada a persistência das condições adversas, cuja média anual é de quatro dias seguidos.

Serão analisados, a seguir, os dados das radiossondagens. Estes terão de ser examinados pelo menos até 600mb nas previsões diárias da poluição, ou em casos de perigo acentuado.

Já para o cômputo das condições médias bastará avaliar a espessura da camada inferior de mistura *mixing-depth*. Esta foi determinada seguindo em cada sondagem a adiabática seca a partir da temperatura máxima à tarde (TX), até o seu encontro com a curva das temperaturas.

A altitude em que se dá tal interseção é a espessura do *mixing-depth*.

Calculando as normais de seis anos, vê-se que a forte convecção do verão e as máximas acentuadas tornam maior, nesta fase, a espessura de tal camada (280 a 320m).

Trata-se de uma circunstância favorável, pois, aumenta o volume de ar em que se irá distribuir um mesmo total de poluentes, assim resultando menor teor.

*O tempo transcorrido após o período de observação não invalida o presente estudo, uma vez que os dados foram utilizados mais para o estabelecimento de uma metodologia, do que propriamente para medição do grau de poluição.

Nota-se contudo o agravamento em março, com pequena melhora em abril—maio e julho—agosto (270m), mas, piora, nitidamente (250m), em junho, setembro e outubro. Há uma recuperação para 270m, em novembro, quando o valor médio coincide com o anual (275m).

Tais oscilações são, aliás, fracas, no máximo 70m, assim, têm-se como mais favoráveis dezembro-janeiro e desfavoráveis junho, setembro e outubro (Fig. 2).

Ora, voltando à figura 1, nota-se que as variações da espessura confirmam a melhoria de novembro a janeiro, enquanto agravam a piora de junho. Retiram porém parte da vantagem apresentada pela figura 1 no período setembro—outubro, quando haverá menos dias de poluição, contudo, mais intensamente.

Neste ponto, um aspecto fundamental foi esquecido: as médias da figura 2 abrangem todos os dias de cada mês, inclusive os 10 a 20 em que as condições propícias à poluição não existem (vento fraco e sem chuva).

Desse modo, pode-se agora determinar o número de dias "com vento abaixo de 2,5 mps, sem chuva e em que simultaneamente a camada de mistura tem espessura inferior a 500m" (Fig. 5). Isto porque acima de 500m a dispersão dos poluentes já se faz com facilidade.

Desta vez os resultados confirmam totalmente os colhidos pela figura 1: para uma média anual de 12 dias, a fase outubro—abril é a mais favorável à limpeza da atmosfera, com um número de dias igual a 6, 8 ou 9. Fevereiro é sempre pior, com 12, e o período maio—julho mais intensamente sob 18 dias, reduzidos a 15 em agosto e 11 em setembro.

Deve-se assim, até o momento, tomar a figura 5 como a que fornece os melhores índices.

As condições ali representadas correspondem, via de regra, a uma *alta* no solo, com dorsal quente a 700mb. E quando associadas à figura 4 confirmam que o inverno (ou mais exatamente maio—agosto) será a pior fase, com a melhor, de outubro—abril, excetuando a inversão de fevereiro.

Mas em todos os sentidos, novembro e dezembro representam os meses de menor

poluição. A média geral 12 dá um total, no ano de 144 dias.

Neste ponto, caberá encarar novo aspecto: o número de dias por mês em que se registra inversão de temperatura abaixo de 150m (altura contada desde o solo). Claro está que tal situação de muito agravará a poluição, pois concentra as impurezas junto à superfície.

Neste aspecto (Fig. 3) o verão parece trazer desvantagem. Realmente, a partir de janeiro, com 17 dias, nota-se declínio gradual para o mínimo de 12 dias, em agosto. Há porém máximos secundários em março (16) e junho (15) nova elevação em setembro (15) e declínio ao mínimo (10) em novembro com subida até (13) em dezembro e (17) em janeiro. A média geral situa-se em 14 dias.

Observando-se somente o gráfico, ficaria confirmada a limpeza em novembro e meses contíguos. Agravada porém a condição de janeiro—março e melhorando a do inverno. Trata-se, aliás, de impressão falsa, pois, não basta inversão próxima ao solo, é necessário que ela ocorra nos dias de vento fraco e sem chuva.

Finalmente, a figura 6 indica, não o número de dias, mas o número de fases (acima de um dia) com inversão baixa, sem precipitação e sob vento fraco. A média anual (2) é, também, a dos vários meses.

Excetuam-se fevereiro e junho (três fases) ou novembro—dezembro (uma fase).

Assim, junho prossegue desfavorável, bem como fevereiro, mas, novembro sem maior perigo. Os diversos índices serão resumidos num único, tendo em conta as figuras 4, 5 e 6.

Nos vários meses (Fig. 5) o número médio dos dias sujeitos à maior poluição é 12 (total do ano 144).

Há, em média, quatro dias seguidos sob tais condições, sendo dois de inversão baixa.

Levando em conta as ponderações 1 e 2 na figura 4, tem-se os valores transcritos que, divididos pelos anuais dão: 12 (Fig. 5), 4 (Fig. 4), 2 (Fig. 6), fornecendo índices variáveis; o respectivo produto dará o índice real do mês. Tomando, então, como 1,00 o índice médio anual da poluição serão mais favoráveis à limpeza atmosférica os meses de janeiro (0,67), março (0,50), abril

RIO DE JANEIRO
GRÁFICOS DE POLUIÇÃO

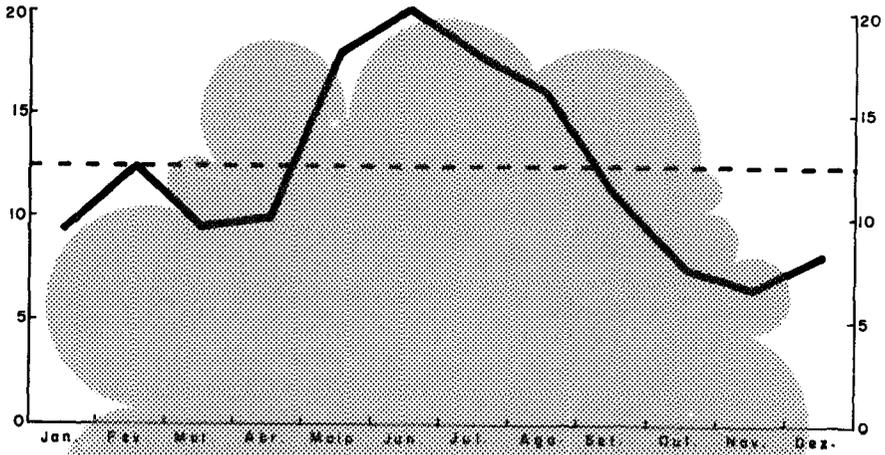


Figura 1 — Número total de dias com vento abaixo de 2,5 mps e sem chuva.

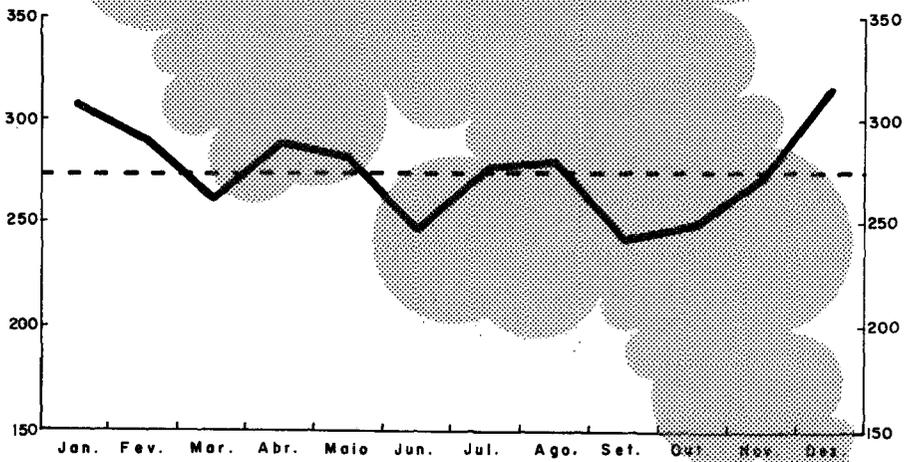


Figura 2 — Espessura média da camada de mistura (gpm).

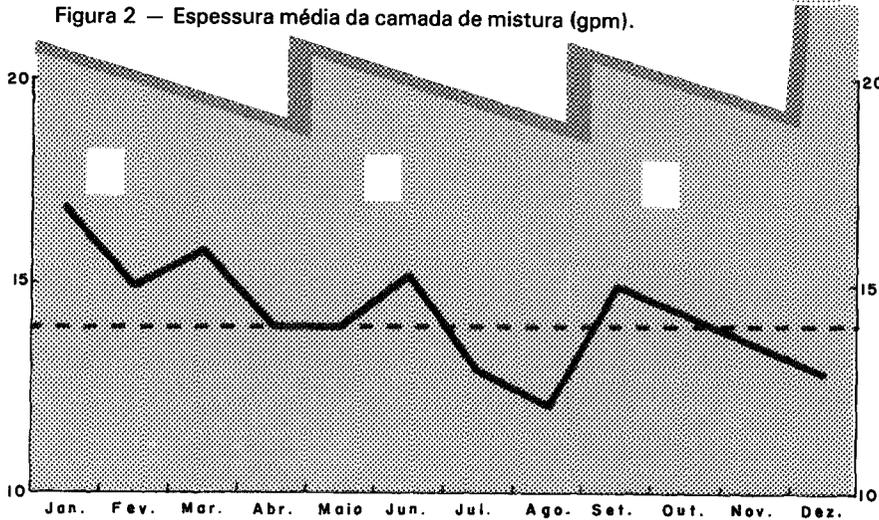


Figura 3 — Número de dias com inversão de temperatura abaixo de 150m.

RIO DE JANEIRO
GRÁFICOS DE POLUIÇÃO

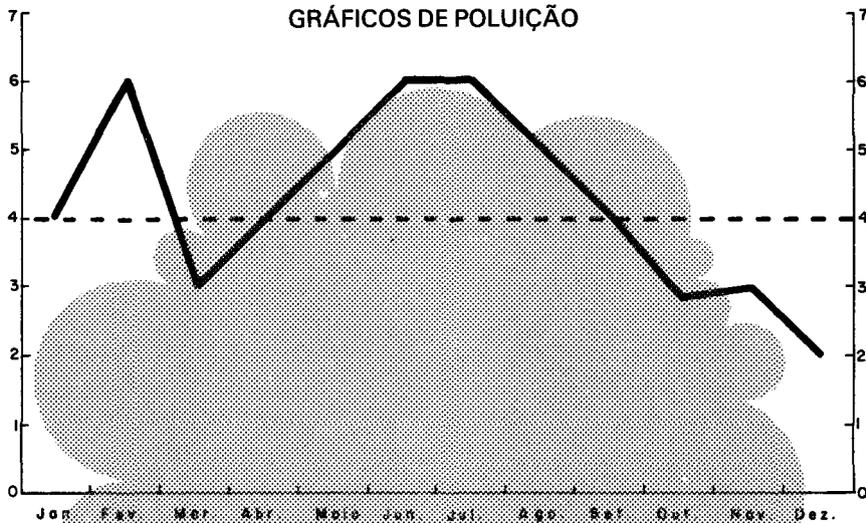


Figura 4 — Número médio de dias seguidos (4 pelo menos) com vento abaixo de 2,5 mps e sem chuva. Número de vezes em que isso ocorre.

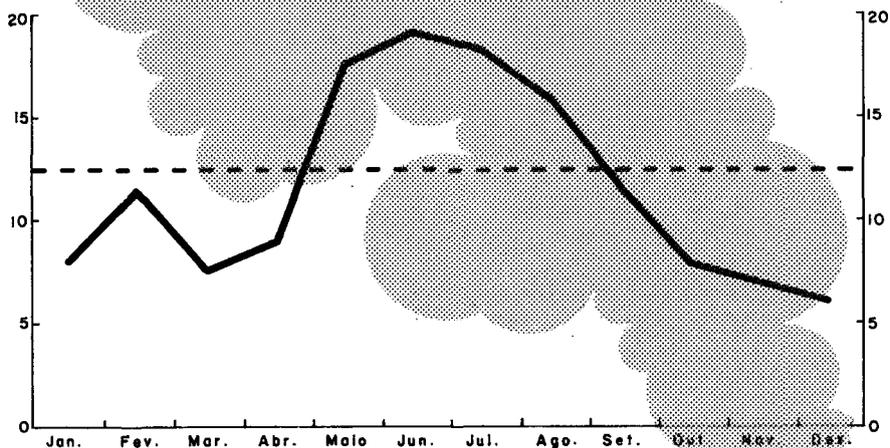


Figura 5 — Número médio de dias com vento inferior a 2,5 mps, sem chuva e camada de mistura com espessura abaixo de 500 m.

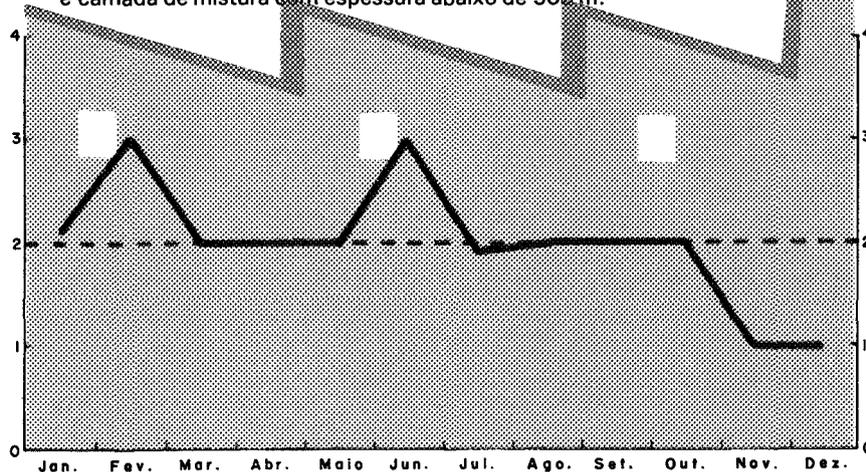


Figura 6 — Número médio de fases (acima de 1 dia) com vento inferior a 2,5 mps e sem chuva, mas inversão abaixo de 150 m.

TABELA 1
NÚMEROS MÉDIOS DE DIAS E FASES, POR FIGURAS, SEGUNDO OS MESES DO ANO

Mês	Figura 5	Figura 4	Figura 6
ANO	12	4	2
Janeiro	8	$4 \times 1 = 4$	2
Fevereiro	12	$6 \times 1 = 6$	3
Março	8	$3 \times 1 = 3$	2
Abril	9	$4 \times 1 = 4$	2
Maio	18	$5 \times 2 = 10$	2
Junho	19	$6 \times 2 = 12$	3
Julho	18	$6 \times 2 = 12$	2
Agosto	15	$5 \times 2 = 10$	2
Setembro	11	$4 \times 1 = 4$	2
Outubro	8	$3 \times 1 = 3$	2
Novembro	7	$3 \times 0,5 = 1,5$	1
Dezembro	6	$2 \times 0,3 = 0,6$	1

TABELA 2
ÍNDICES PARCIAIS E TOTAL, POR FIGURA, SEGUNDO OS MESES DO ANO

Mês	Figura 5	Figura 4	Figura 6	Produto
ANO	1,00	1,00	1	1,00
Janeiro	0,67	1,00	1	0,67
Fevereiro	1,00	1,50	1,5	2,25
Março	0,67	0,75	1	0,50
Abril	0,75	1,00	1	0,75
Maio	1,50	2,50	1	3,75
Junho	1,58	3,00	1,5	7,11
Julho	1,50	3,00	1	4,50
Agosto	1,25	2,50	1	3,13
Setembro	0,92	1,00	1	0,92
Outubro	0,67	0,75	1	0,50
Novembro	0,58	0,38	0,5	0,11
Dezembro	0,50	0,15	0,5	0,04

Dividindo tais valores pelos do ano, obtém-se índices parciais, cujo produto fornece o índice geral de poluição do mês.

TABELA 3
VALORES NORMAIS, POR MESES DO ANO, SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO

ESPECIFICAÇÃO	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Número de dias sob velocidade < 2,5 mps e sem chuva	10	13	10	10	18	20	18	16	11	8	7	8	12
Espessura média <i>mixing-depth</i>	308	291	263	284	276	251	274	279	247	251	273	318	276
Número de dias com inversão abaixo de 150 m	17	15	16	14	14	15	13	12	15	14	10	13	14
Número de dias seguidos (> 4) com vento < 2,5 mps e sem chuva.	4	6	3	4	5	6	6	5	4	3	3	2	4
Número de vezes no mês	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0,5	0,3	2
Número de dias com vento < 2,5 mps sem chuva e de camada < 500m	8	12	8	9	18	19	18	15	11	8	7	6	12
Número médio de fases na condição anterior	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	2

(0,75), outubro (0,50), mas, principalmente, novembro (0,11) ou dezembro (0,04), quando tais problemas, raramente, apresentam-se.

São mais desfavoráveis: fevereiro (2,25), maio (3,75) e, sobretudo, junho (7,11), de poluição sete vezes a média anual. Ainda inconvenientes, julho (4,50) e agosto (3,13); setembro desce à normal (0,92).

Assim, será preciso maior atenção de maio a agosto, com um cuidado especial em

junho, sendo que fevereiro também apresenta riscos. De outubro a janeiro, e, sobretudo, em dezembro, o problema se torna menos grave.

Claro está que foram estudadas somente condições médias. Em certos casos, dezembro pode até registrar índices piores que fevereiro. Impõe-se portanto, como existe nos Estados Unidos, uma permanente atenção dos serviços de prognósticos sobre o que nada será dito, anexando, apenas, as tabelas e gráficos já citados.

RESUMO

A poluição potencial depende das condições meteorológicas, enquanto a poluição efetiva dependerá, também, da quantidade e natureza dos agentes poluidores, principalmente de natureza industrial. Isto porque o ar não é uma mistura de gases puros, possuindo antes — sobretudo próximo ao solo — farta dose de impurezas. Se estas resultam de causas naturais que existem normalmente, o problema da poluição não se apresenta. A vida cada vez mais artificial do homem tornou o problema grave e premente de uma solução.

Mesmo assim, há extensas regiões da Terra, ou pelo menos, longos períodos, em que as condições favoráveis à convecção ou à rápida dispersão de impurezas, a poluição permanece em índices toleráveis, mesmo sob contínuos despejos de poluentes no ar. Por outro lado, em certas zonas, ou pelo menos em épocas especiais, condições desfavoráveis se verificam quando, sob forte estabilidade atmosférica, os poluentes sofrem qualquer dispersão apreciável.

Com base em radiossondagens em um período de seis anos (1968 — 1973) foi feita análise das várias situações de poluição no Rio de Janeiro, cujos resultados são apresentados através de textos analíticos-descritivos, tabelas e gráficos e, com eles, são obtidos índices parciais cujo produto fornece o índice geral da poluição por mês.