

RELATÓRIO

DEFINIR QUAIS OS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS
INTERVINIENTES NA PREVISÃO METEOROLÓ-
GICA DAS CONDIÇÕES DE DISPERSÃO
DE POLUENTES E QUE DEFINEM UMA
DADA CONDIÇÃO METEOROLÓGICA

PROJETO 12.1

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERRMANN JR., 345 CEP 05489 PI. HEIROS
SÃO PAULO - BRA IL

ARQUIVO TECNICO

FEVEREIRO/1978

A Sec STAR
P/ Arquivo
[Handwritten signature]

8401
Z15d(RCET)
002190



12867



002190

GEE-AR/DMT

B401
Z15d(RCET)
002190

2

NO.	
21	2190

Í N D I C E

- I. INTRODUÇÃO
- II. OBJETIVO
- III. PARÂMETROS METEOROLÓGICOS
- IV. DELINEAMENTO DE METODOLOGIA TENTATIVA
- V. BIBLIOGRAFIA

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 02.89 PLANEIOS
SAO PAULO - BRAZIL

I- INTRODUÇÃO

Pela análise do material bibliográfico disponível na DMT sobre previsão de condições potenciais de poluição do ar através da meteorologia, verifica-se que os programas em uso, desenvolvidos com essa finalidade, baseiam-se, sem exceção, nas condições meteorológicas reinantes na ocasião em que ocorreram episódios agudos de poluição do ar nas metrópoles do globo.

Segundo Niemeyer, as condições reinantes nos episódios da Grande Londres e Donora, traduziram-se pela ocorrência simultânea da presença de "fog" e ventos de velocidades baixas e direção variável, tais condições em ambos episódios estavam associadas a presença de anticiclones quase estacionários. O agravo da qualidade do ar durante os referidos episódios foi acentuado pela persistência temporal dessas condições. Essas condições segundo o referido autor, ficam perfeitamente qualificadas pela ocorrência simultânea dos seguintes critérios empíricos:

- ventos de superfície < 8 nós;
- ventos em qualquer camada até 500mb < 25 nós;
- subsidência a menos de 600 mb; e
- previsão de permanência dessas condições por tempo igual ou superior à 36 horas.

Os critérios acima incorporam condições meteorológicas associadas à presença de anticiclones quase estacionários.

Ao trabalho de Niemeyer sucederam-se uma série de refinamentos que redundaram em programas de previsão meteorológica aplicada que tiveram como desfecho o "National Air Pollution Potential Forecast Program" este trabalho, originado do estudo de Stackpole, se constitui numa série de critérios empíricos

de uso simultâneo e indicam claramente a metodologia de procedimento para a verificação dos parâmetros envolvidos.

Entretanto é um programa de uso Nacional tendo como condição inicial o comprometimento de área mínima de 58000 milhas náuticas quadradas, o que corresponde aproximadamente à área do estado de Nebraska.

Deve ser salientado que a filosofia deste programa é conservadora, visando proteger o órgão previsor de desgaste junto a opinião pública, não emitindo previsões de estados de pequena estagnação, só se pronunciando em estados seguramente críticos no que diz respeito às previsões de potencial de poluição do ar.

A literatura específica dá indicações de adaptação do "Air Pollution Potential Forecast Program - APP" para escala de dimensões locais, entretanto até a presente data não nos foi possível obter o material bibliográfico necessário.

O desenvolvimento de programas APP para escala local permite aos setores de meteorologia de agências Municipais de controle de poluição do ar exercerem eficazmente este tipo de previsão, ainda mais considerando-se que o National Meteorological Center envia para toda nação, via fac-simile e teletipo, todas as informações sinóticas necessárias factíveis de serem manipuladas diretamente, formando a tarefa dos setores locais de meteorologia uma função aplicada voltada somente à previsão do potencial de poluição do ar do próximo período.

II- OBJETIVO

Face à necessidade premente de dar à DTSA maior segurança em suas ações prospectivas por ocasião da deterioração significativa da qualidade do ar, selecionou-se à luz da bibliografia anteriormente citada, sem nenhuma pretensão inovadora sobre o assunto, a menos de certas

variáveis micrometeorológicas, alguns parâmetros, a seguir relacionados, que esperamos possam ser calibrados por análise retrospectiva dos dados disponíveis de qualidade do ar e venham a fornecer uma previsão meteorológica a mais confiável possível dentro da realidade de dados meteorológicos disponíveis no Estado de São Paulo.

III- PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Breve Descrição:

Será apresentada uma descrição sucinta da definição e da maneira de obtenção de todos os parâmetros meteorológicos escolhidos para formular a previsão meteorológica no Boletim.

1. ANTICICLONE

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| | a) Polar |
| A- <u>Tipo</u> | b) Tropical |
| | c) Sub-tropical |
| | a) Estacionário |
| B- <u>Deslocamento</u> | b) Semi-estacionário |
| | c) Moderado |
| C- <u>Intensidade</u> | a) Gradiente de pressão |

ANTICICLONE

Um sistema de isóbaras fechadas, rodeando um centro de alta pressão, cujos valores decrescem do centro para a periferia. Gira horizontalmente no sentido contrário aos ponteiros do relógio e verticalmente no sentido descendente.

O fenômeno da descida de ar aquece e reduz a umi-

dade das camadas de ar em altitude, produzindo estabilidade das camadas inferiores e a formação de inversões, as quais limitam a mistura vertical nos baixos níveis.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

A- Tipo

Existem três tipos de anticiclones: polar, tropical e sub-tropical que são determinados através da localização do centro em função da latitude ou das coordenadas geográficas, como também o tipo da massa de ar (temperatura e umidade) que caracteriza cada um.

B- Deslocamento

O movimento do anticiclone é caracterizado por três situações: estacionário, semi-estacionário e moderado. Estas situações de movimento são obtidas através de dois sentidos; horizontal (cartas sinóticas de superfície), vertical (cartas sinóticas de altitude), e a inclinação do eixo (superposição das cartas de superfície e de altitude).

C- Intensidade

Detectadas através do gradiente horizontal de pressão (cartas sinóticas de superfície).

2. CICLONE

A- Tipo

B- Deslocamento

C- Intensidade

CICLONE

Um sistema de baixa pressão, formado por isóboras fechadas onde a pressão cresce do centro para a periferia. Gira horizontalmente no sentido dos ponteiros do relógio e na vertical apresenta correntes ascendentes.

O ciclone possui movimento de deslocamentos rápidos e fortes gradientes de pressão.

OBS.: Da mesma forma que se obtém o anticiclone se aplica para o ciclone.

3. FRENTES DE SFC

- A- Tipo a) Frente fria
 b) Frente quente

- B- Frente fria a) Estacionária
 Atividade b) Fraca
 c) Moderada
 d) Forte

- C- Frente quente a) Estacionária
 Atividade b) Fraca
 c) Moderada
 d) Forte

FRENTES DE SUPERFÍCIE

A frente representa fisicamente uma zona descontínua que separa duas massas de ar de propriedades termodinâmicas diferentes.

A- Tipo

- a) Frente fria

É a frente que separa o ar polar do ar tropical.

ou sub-tropical.

b) Frente quente

É a frente que separa o ar tropical do ar polar que vai sendo substituído por ar tropical cuja declividade é (1/100).

B- Atividade das frentes

Os sistemas frontais estão associados entre dois anticiclones, suas atividades dependem do estado sinótico geral e especificamente dos dois centros de ação anticiclônicos.

A obtenção e a análise das frentes, parte-se de duas premissas; horizontal (cartas sinóticas de superfície e fotos de satélites) e vertical (cartas de altitude de 500 e 700 mb).

4. BRISA MARÍTIMA

Brisa marítima é considerada um fenômeno mesometeorológico de curta duração (algumas horas) geralmente este fenômeno acontece no período da tarde e tem como características básicas; alterações na temperatura, umidade e vento. No caso de São Paulo estas alterações provocam uma redução no campo de temperatura de 2° e 10°C e um aumento de umidade de 20 a 30%. Este parâmetro é obtido através da carta sinótica de superfície das 12:00 Z e 18:00 Z, das cartas de altitude de 850 mb e do diagrama termodinâmico.

5. NEBULOSIDADE

A nebulosidade é um parâmetro observacional que indica a intensificação ou enfraquecimento do movimento vertical (convecção). Por isto torna-se ne-

cessário a determinação do tipo das nuvens, como tam-
 bem a quantidade que reduza a energia solar emitida
 até 20%. Este parâmetro é obtido através das cartas
 sinóticas de superfície e do Boletim "QAMS", observa-
 ções sinóticas horárias emitidas pela F.A.B..

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

6. PRECIPITAÇÃO

É a quantidade de água que se desloca da atmosfera
 se precipitando na superfície devido aos fenômenos
 termodinâmicos.

A- Tipo

Convectiva de origem térmica ou perturbação tro-
 pical e sub-tropical.

Frontal associada ao sistema frontal e baixa
 pressão.

B- Características

As características da precipitação são determi-
 nadas pela intensidade que é uma função da
 quantidade (mm) e da duração (min.).

A precipitação é obtida através de cartas sinóticas
 de superfície e dos diagramas dos Pluviógrafos das
 estações meteorológicas da CETESB.

7. NÍVEIS DE CONDENSACÃO E MISTURA

a) Nível de condensação convectiva:

O nível de condensação convectiva (NCC) é a altu-
 ra na qual uma parcela de ar, quando aquecida su-
 ficientemente por baixo, ascenderá adiabaticamen-

te até se tornar saturada (a condensação se inicia). No caso mais comum, é a altura da base das nuvens cumuliformes que são ou poderiam ser produzidas por convecção térmica pelo aquecimento da superfície.

OBTENÇÃO - Para determinação do NCC numa sondagem plotada, deve-se seguir ascendentemente ao longo da linha de razão de mistura saturada que passa através da temperatura do ponto de orvalho à superfície, até esta linha interceptar a curva T da sondagem. O NCC está na altura desta interseção.

b) Nível de condensação por levantamento:

O nível de condensação por levantamento (NCL) é a altura na qual uma parcela de ar se torna saturada quando é elevada adiabaticamente seca.

OBTENÇÃO - O NCL é obtido da interseção da linha de razão de mistura saturada que passa através da temperatura do ponto de orvalho à superfície, com a adiabática seca que passa através da temperatura à superfície.

c) Altura da mistura:

É a distância entre a superfície até ao nível no qual as correntes verticais convectivas originam uma rigorosa mistura estabelecendo um gradiente vertical adiabático seco de temperatura.

OBTENÇÃO - É obtido do diagrama termodinâmico, na interseção das temperaturas mínimas e máximas com a temperatura T da sondagem, o que proporcionará as alturas da mistura mínima e máxima.

8. TEMPERATURAS

a) Temperatura:

A variação da temperatura, de uma amostra de ar seco, com a altura é chamada de Perfil de Temperatura, e é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para previsão. Sabe-se que, em geral, a temperatura decresce com a altura, entretanto esta condição não ocorre sempre nos baixos níveis da atmosfera, porque está sujeita a grandes extremos e mudanças bruscas e variando muito em função das variações de pressão, logo esta temperatura não é uma propriedade conservativa da atmosfera e sua variação pode ser considerada ondulatória cuja amplitude e a fase oscilam com a altura, bem como com a estação do ano, localidade e estado do céu.

A determinação teórica do perfil de temperatura não pode ser obtida diretamente, em termos gerais, o problema é aproximado pelas condições simples da termodinâmica clássica obtendo-se, em seguida, um valor particular do gradiente vertical de temperatura conhecido como gradiente vertical de temperatura adiabático seco. Este gradiente é representado analiticamente por:

$$\Gamma = \frac{DT}{DZ} \approx -1 \text{ } ^\circ\text{C}/100\text{m}$$

b) Temperatura potencial:

Verificou-se que a temperatura real de uma porção de ar, é submetida a grandes variações em função das variações de pressão. É desejável, às vezes, reconhecer e fazer uso de um valor mais conservativo da temperatura, fazendo com que todas as transformações sejam adiabáticas.

A temperatura potencial é definida como a temperatura que uma parcela de ar seco adquiriria se fosse comprimida ou expandida adiabaticamente de

seu nível de pressão inicial até um nível padrão de 1000mb.

Trata-se de um parâmetro importante no estudo da estabilidade atmosférica, uma vez que ele é relacionado a temperatura T pela expressão abaixo:

$$\theta = T + \Gamma z \quad 1.2$$

Onde:

$$\theta = T \left(\frac{1000}{P} \right)^{\frac{Rd}{Cp}} \approx 0,288 \quad (\text{para o ar seco}) \quad 1.3$$

T = temperatura absoluta na altura z

Γ = gradiente vertical de Temperatura adiabático seco

O gradiente vertical de Temperatura Potencial é dado por,

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{dT}{dz} + \Gamma \quad 1.4$$

A expressão 1.4 representa a diferença entre o perfil térmico real e o gradiente vertical de temperatura adiabático seco.

c) Temperatura convectiva (T_c):

É a temperatura à superfície, que deverá ser atingida, para se iniciar a formação de nuvens convectivas, devido ao aquecimento pela radiação solar.

O uso deste parâmetro depende da habilidade de se estimar a temperatura máxima diária à ser atingida. Em seguida discute-se T_c em relação a T_m , isto é:

$T_m < T_c$ (não haverá liberação de convecção)

$T_m > T_c$ (haverá liberação de convecção)

Nesta estimativa o previsor levará em conta o tamanho das áreas positivas e negativas, e a diferença $T_c - T_m$.

Esta análise é importante para a determinação das condições de estabilidade predominante na camada inferior da atmosfera.

d) Temperatura máxima:

É o estado máximo de aquecimento diurno da atmosfera superficial.

OBTENÇÃO - É obtido a partir do dado sinótico do dia anterior a fim de se estimar para o próximo dia.

e) Inversões de temperatura:

A temperatura do ar livre normalmente decresce com a altitude na atmosfera entretanto quando ocorre uma reversão do gradiente e a temperatura aumenta com a altitude ou inverte, essas camadas são chamadas "inversões" ou mais especificamente inversões de temperatura.

Uma camada através da qual a temperatura não varia com a altura é chamada isotérmica.

A- Tipo

Existem 6 tipo de inversões:

1. Inversão de radiação
2. Inversão de subsidência
3. Inversão frontal
4. Inversão pré-frontal
5. Inversão pós-frontal
6. Inversão maninha

B- Características

Cada tipo de inversão é caracterizada pelos seguintes parâmetros :

- Espessura (m)
- Altura (m)
- Duração (hrs)
- Intensidade ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)
- Ponto de orvalho da base e do topo ($^{\circ}\text{C}$)

As inversões são obtidas através da plotagem de dados da temperatura do ar livre e do ponto de orvalho num diagrama termodinâmico.

9. VENTO DE SUPERFÍCIE E ALTITUDE

O vento é uma quantidade vetorial que é especificada por dois números representando a direção e a velocidade (ou força).

A direção do vento é entendida como aquela de onde o vento está soprando e é expressa em graus contados no sentido dos ponteiros do relógio a partir do norte geográfico na escala 00 - 360 $^{\circ}$.

Vento em altitude:

- a) vento nos níveis de 850, 700 e 500 mb;
- b) vento médio da camada de mistura:

10. TAXA DE VENTILAÇÃO DA MANHÃ E DA TARDE

É o produto entre a altura da camada de mistura pelo vento médio desta camada e é expressa em m^2/seg .

11. ÍNDICE K E SHOWALTER

Para facilitar a análise da estabilidade da massa de ar, faz-se uma verificação na distribuição

geral dos parâmetros significativa para a estabilidade predominante. Existe vários índices para a determinação da estabilidade, entretanto todos têm uma tendência à serem idênticos ao de uso mais prático que é o de Showalter. É calculado através da diferença entre a temperatura observada nos 850 mb e a temperatura que uma parcela adquiriria se fosse erguida adiabaticamente seca até seu NCL e a partir daí adiabaticamente úmida para os 500 mb.

Este índice foi determinado experimentalmente para uma determinada região no hemisfério Norte e não se conseguiu bibliografia à respeito de como foi obtido.

Este índice não é representativo na presença de uma superfície frontal, ou inversão, entre 850mb e 500mb. Da mesma forma o "K" índice, que representa o teor de vapor d'água presente na atmosfera indicando se esta água precipitará ou não.

O K índice é obtido através da seguinte fórmula:

$$KI = (T_{850} - T_{500}) + (T - T_d)_{850} - (T_d)_{700}$$

Quando o índice é $K \geq 30$ haverá possibilidade de precipitação.

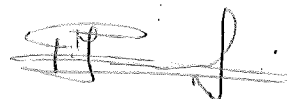
IV- DELINEAMENTO DE METODOLOGIA TENTATIVA

Para o estudo das variáveis propostas em III, em especial às até hoje não determinadas em caráter de rotina e não disponíveis em nenhum outro órgão de meteorologia, faz-se necessário além da determinação retrospectiva, um estudo estatístico para cada variável envolvida visando a obtenção de seus valores considerados normais bem como sua variação. Além disso, devido as definições para cálculo prognóstico, já de uso uniforme na literatura e prática, será necessário o levantamento das regressões entre valores previstos e ocorridos de tais variáveis. Isto posto, como não poderia deixar de ser, será realizada a calibração de cada parâmetro ou do conjunto de parâmetros contra a variação das concentrações obtidas desde 1973 para a qualidade do ar.

Tentativamente procurar-se-á relacionar as variáveis meteorológicas e de concentração, durante variações gerais, mais ou menos bruscas da segunda envolvendo também os dias que lhe antecederam e precederam. Tentar-se-á verificar a consistência das interrelações ao longo das diferentes estações do ano. Na primeira etapa serão utilizadas as concentrações de dióxido de enxofre e material particulado, que simultaneamente oferecerem variações bruscas no período em estudo.

Será emitido um relatório mais pormenorizado da metodologia em uso em 30/04/78, pois na atualidade existem certas dúvidas quanto a parâmetros e modelos numéricos envolvidos no cálculo.

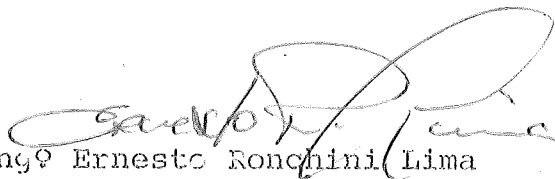
São Paulo, 28 de fevereiro de 1.978.



Pierre T. Zanati

Chefe da Div.de Meteorologia

De acordo,



Engº Ernesto Ronchini Lima

Gerente de Estudos Especiais-Ar

CETESB - CIA. DE TÉCNICA E SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

 V. BIBLIOGRAFIA

BLAIR, T.A. e Fite. R.C. - Meteorologia, Pretince-Hall, Inc.,
 1961 (pg. 113)

BYERS, Horace R. - General Meteorology, pg.394 3ed. 1959.

HOLZWORTH, G.C. - A study of Air Pollution Potential for the
 Wester United States, J. APPL. Meteo. 1(3) 366-382
 (Sep. 1962)

MANUAL DE ANÁLISE DO DIAGRAMA "SKEW-T, LOG P", vol. I - Anã-
 lise de Radiossondagem - Força Aérea dos Estados Unidos
 da América do Norte.

NIEMEYER, L. E. - Forecasting Air Pollution Potential
 Monthly Weather Review 88 (3) 88 96 (Mar. 1960)

NIEMEYER, L.E. and MILLER - Air Pollution Potential Forecasts
 J. APCA, 13 205-210 (May 1963)

PETTERSEN, S. - Weather Analysis and Forecasting, Sec.
 Edition - McGraw-Hill Book Comp. Inc. - 1956.

SAUCIER, W. J. - Principles of Meteorological Analysis - The
 University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA - 1955.

SUTTON, O. G. - Micrometeorology - McGraw-Hill Book Comp.
 Inc. - 1953.

STACHPOLE, John D. - APP- The Air Pollution Potential Forecast
 Program (Nov. 1967)

THOM, A. S. and MCLINTOSH, D. H. - Essentials 3 of Meteorology,
 Great. Britan by Taylor & Francis Ltd. 10-14 - Macklin
 Street, London.

BIBLIOTECA	
DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

Data aquis.:	19/8/91
Indic.:	
Livraria:	
Preço: Cr\$	
Data Temb:	19/8/91

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA
DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

FICHA DE EMPRÉSTIMO I		
8401/Z15d(RCET)/002190	12867	
Definir quais os parametros meteorologicos...		
DATA	REGISTRO	EMPRESTADO A

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este livro.