

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA

GERÊNCIA DE PESQUISAS DE AR E RUÍDO

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
Av. Prof. Frederico Lencina Jr., 81 - CEP. 04608 - Pinheiros
SÃO PAULO - BRASIL

Elaborado por: Meteorologista Silvio de Oliveira

SUBPROJETO Nº 460.812

CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA E APLI
CAÇÃO DE MODELOS DE DISPERSÃO

Janeiro/1985

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

CL	8401
L	0721c
1	1248985.1

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Fredmar Corrêa
Diretor de Planejamento Ambiental

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

PLANO 2: Controle da Poluição e Proteção da Qualidade Ambiental

PROGRAMA 2.1.: Controle da Poluição Ambiental em Cubatão

Coordenador: **Fernando A. Guimarães**

PROJETO 2.1.2.: Apoio Técnico às Ações de Controle em Cubatão

Coordenador: **Volker R. Link**

SUB-PROJETO: Caracterização Meteorológica e Aplicação de Modelos de Dispersão

Coordenador: **Silvio de Oliveira**

O.S.: 460.812

EQUIPE TÉCNICA: Maria Algélica L.A.Sagula
Antonio de Castro Bruni
Samuel Lemos Correia
Paulo Cesar de Albuquerque
David Domingues dos Santos
Marisa Cury
Cristiani M.D.Ferrari
Rachel Queiroz Rocha Brito

Resumo

Esse relatório se constitui no produto do sub-projeto caracterização meteorológica e aplicação de modelos de dispersão. A análise dos dados disponíveis demonstraram o seguinte comportamento do microclima local: a atmosfera altamente estável, no período de inverno; os totais pluviométricos da região são duas a três vezes superiores aos de São Paulo; a disposição da topografia induz a circulação do vento a soprar dos quadrantes norte (noite) e sul-sudoeste (dia); e a calmaria média anual é da ordem de 30% com os maiores valores no período da madrugada.

Justifica-se a não realização completa do estudo do modelo de dispersão e a não apresentação dos resultados medidos pela sonda acústica. Consta como sub-produto no apêndice deste relatório a realização de dois relatórios parciais e dois trabalhos de pesquisa sobre Cubatão apresentados em Congresso.

Í N D I C E

RESUMO	Pág.
Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas.....	ii
Lista de Siglas.....	iii
1. Introdução.....	01
2. Metas e Objetivos.....	02
3. Material e Métodos.....	03
4. Caracterização Topográfica da Região.....	03
5. Resultados.....	06
5.1. Pressão atmosférica e temperatura.....	06
5.2. Vento de superfície.....	11
5.2.1. Análise vetorial horária (hodógrafa).....	11
5.2.2. Variação horária da velocidade média do vento de superfície.....	17
5.2.3. Rosas do vento.....	21
5.2.4. Calmaria.....	30
5.2.5. Análise do fluxo do vento.....	33
5.3. Precipitação.....	39
5.3.1. Rosa de chuva.....	46
5.3.2. Influência da poluição na precipitação...	46
5.4. Modelo matemático de dispersão.....	48
5.5. Radar acústico.....	49
6. Conclusões e Recomendações.....	50
7. Bibliografia.....	54
8. Apêndice.....	55

LISTA DE FIGURAS

i

FIGURA

Pág.

01	- Mapa esquemático da região de Cubatão mostrando a localização das indústrias.....	04
02	- Topografia do Município de Cubatão, adaptada do trabalho de Ab'Saber.....	05
03	- Distribuição de frequência da pressão atmosférica média mensal na região de Santos, 1973 a 1983.....	06
04	- Distribuição mensal da temperatura em Cubatão e Santos. São Paulo.....	09
05	- Hodôgrafas médias (1981/1983) do vento médio resultante para os períodos I (jan a abr), II (Mar a ago) e III (set a dez), para a estação de Cubatão Residencial.....	13
06	- Hodôgrafas médias (1981/1983) do vento médio resultante para os períodos I (jan a abr), II (mai a ago) e III (set a dez), para a estação da Vila Parisi, São Paulo.....	14
07	- Variação horária do vento médio de superfície, velocidade, agrupada em três períodos de quatro meses de 1981 a 1983. Cubatão Residencial, São Paulo.....	18
08	- Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6 HL, período I (jan a abr), 1981/1983. CR.....	24
09	- Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6 HL período II (mai a ago), 1981/1983. CR.....	25
10	- Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6 HL, período III (set a dez), 1981/1983. CR.....	26

FIGURA
Pág.

11	- Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6 HL, período I (jan a abr), 1983, Vila Parisi (VP).....	27
12	- Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6 HL, período II (mai a ago), 1983, Vila Parisi.....	28
13	- Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6 HL, período III (set a dez), 1983, Vila Parisi.....	29
14	- Distribuição da frequência relativa da calmaria média de 1981 a 1984. CR, São Paulo.....	30
15	- Fluxo do vento combinado entre a brisa terrestre e o vento anabático (resfriamento da montanha), observado sob condições de anticiclone (alta pressão), durante a noite.....	37
16	- Fluxo do vento combinado entre a brisa marítima (aquecimento da montanha), observado sob condições de anticiclone (alta pressão) durante o dia.....	38
17	- Localização dos pontos pluviométricos.....	40
18	- Distribuição comparativa mensal da precipitação entre 1984 e 1983 com a normal.....	41
19	- Variação mensal da quantidade de precipitação em Cubatão, Santos e São Paulo.....	43
20	- Distribuição comparativa mensal do número de dias de chuva entre 1984 e 1983 com a normal. Estações: (a) Caixa 10, (b) Henry Borden e (c) Sabão.....	44
21	- Distribuição da quantidade de chuva em função da direção do vento de superfície, em CR.....	47

LISTA DE TABELAS

ii

TABELA

Pág.

01	- Distribuição mensal e horária da temperatura média (°C) Estação de Cubatão Residencial - de janeiro a setembro, 1981/82.....	10
02	- Distribuição mensal do fluxo do vento por quadrante na Vila Parisi.....	15
03	- Distribuição mensal do fluxo do vento por quadrante em Cubatão Residencial.....	16
04	- Distribuição da frequência relativa das faixas de velocidades e das rajadas máximas em Cubatão Residencial de 1981/83 até outubro de 1984.....	20
05	- Distribuição mensal da porcentagem da calmaria média das estações de Cubatão Residencial (1981/1984) e da Vila Parisi (9 meses 1982, 12 meses/1983 e 7 meses/1984).....	32
06	- Número de horas de calmaria anual em função de quatro períodos de 6 em 6 horas de Cubatão Residencial, 1981 a 1983.....	33
07	- Distribuição mensal do total da precipitação de 1983 a 1984, comparada com a "normal" das respectivas estações: Caixa 10, Henry Borden e Saboó.....	42
08	- Distribuição mensal do número de dias de chuva para 1983 e 1984 comparado com a "normal" das respectivas estações: Caixa 10, Henry Borden e Saboó.....	45

LISTA DE SIGLAS

iii

- FEB - Fundação Educacional de Bauru
- USP - Universidade de São Paulo
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
- IBM - International Business Machines
- CR - Cubatão Residencial
- VP - Vila Parisi
- VM - Vale do Mogi
- VQ - Vale do Quilombo
- HL - Hora local
- EPA - Environmental Protection Agency.
- EUA - Estados Unidos da América

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório se constitui no produto da atividade nº 460.812 do Projeto de Apoio Técnico às Ações de Controle de Cubatão.

Cubatão ao longo da sua existência foi uma cidade destituída de estações meteorológicas, que registrasse as possíveis alterações do microclima local, em função da mudança de sua condição inicial de pequeno núcleo rural para um distrito industrial de crescimento rápido e espontâneo.

A CETESB instalou em 1980 uma estação automática de superfície de medição horária de parâmetros meteorológicos e de qualidade do ar, cuja a aceitabilidade dos dados foi a partir de 1981. Logo a série histórica existente é insuficiente para definir o clima local. Para tanto, seria necessário pelo menos 10 anos de dados consecutivos segundo o estabelecido pela Organização Mundial de Meteorologia. Portanto, o estudo aqui desenvolvido é de caráter preliminar, mas de grande validade, uma vez que pode-se afirmar que este é o primeiro trabalho a ser desenvolvido com dados medidos dentro do Município de Cubatão.

É importante ressaltar que para complementação deste estudo, utilizou-se dados medidos nas vizinhanças de Cubatão, os quais foram cedidos gentilmente pela ELETROPAULO e pelo 7º Distrito Meteorológico (Estação de Santos).

Todos os dados obtidos retratam a evolução do "tempo" no plano horizontal, ficando portanto um vazio sobre a evolução da circulação ao longo da sua estrutura vertical. Esta deficiência foi parcialmente suprida através da instalação do radar acústico no mês de junho que detecta a variação vertical das flutuações da temperatura até 1000 metros. As informações obtidas pelo radar são necessárias porém não são suficientes, é

preciso medir também a estrutura vertical do campo do vento e, com isso, se conhecer melhor a dinâmica da circulação em função da topografia local.

A aquisição e operação de um equipamento para medir a estrutura vertical do vento é uma tarefa difícil e onerosa, entretanto há interesse de instituições em obter essas informações e estão dispostas a trabalhar em conjunto com a CETESB. Estas instituições são: o Instituto de Pesquisas Meteorológicas da Fundação Educacional de Bauru (FEB) e o Instituto Astronômico e Geofísico da USP, onde ambas possuem equipamento e pessoal. Portanto seria conveniente a continuidade do presente estudo por se tratar de região de topografia irregular e bastante influenciada pelos contrastes do oceano e continente que originam a circulação termicamente induzida, tais como a brisa marítima e o vento vale-montanha que domina na região, sob uma variedade de escalas.

Quanto mais se conhecer as condições subsinóticas da região, mais subsídios se obterá na elaboração diária da previsão do tempo, pois os fenômenos de formação de inversões térmicas e de mistura turbulenta são totalmente independentes do estado sinótico geral da atmosfera.

2. METAS E OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo estudar o comportamento das variáveis meteorológicas e sua influência sobre o microclima local. A circulação diurna estabelecida pelos contrastes oceano-continente e a irregularidade da topografia local, que durante os meses de maio a setembro determinam as piores condições locais para a dispersão de poluentes. Portanto, a circulação é resultante da interação de três escalas horizontais a saber: a regional (~300 km) entre o Atlântico e as massas de ar que avançam para São Paulo; a local (~100 km) entre a Serra do Mar e o prolongamento de toda a Baixada litorânea; e a pequena escala (~10 km) tais como a canalização provocada

pelos pequenos vales existentes dentro do Município.

A meta principal é fornecer insumos básicos para a implementação de modelos de dispersão que simule diversas situações críticas de poluição na região. Bem como, destacar fatos importantes que contribua sobremaneira para o controle e melhorar o entendimento de fatores meteorológicos de pequena escala que irão auxiliar o meteorologista quando da elaboração da previsão.

3. MATERIAL E MÉTODO

O material básico utilizado foi os dados meteorológicos e de qualidade do ar medidos pelas estações automáticas da CETESB e os das estações da ELETROPAULO e do 7º Distrito Meteorológico do INMET.

Diante da quantidade de informações a ser manipulada a utilização computacional do processamento de dados tornou-se necessária.

No tratamento dos dados utilizou-se uma metodologia estatística simples através da distribuição de frequência absoluta e relativa. Toda a elaboração das rosas de vento foi através do ploter do computador IBM/370 da CETESB.

O resultado final é ilustrado através de gráficos e tabelas.

4. CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DA REGIAO

Cubatão está localizado no Estado de São Paulo, entre o oceano e a Serra do Mar alinhado no sentido sudoeste-nordeste. A Serra do Mar no trecho do município, alcança altitudes que atingem a 1000 metros; sendo que a área urbanizada e a industrializada se situam numa planície onde se encontram alguns morros cujas altitudes em média não ultrapassam a 200 m. Figura 1.

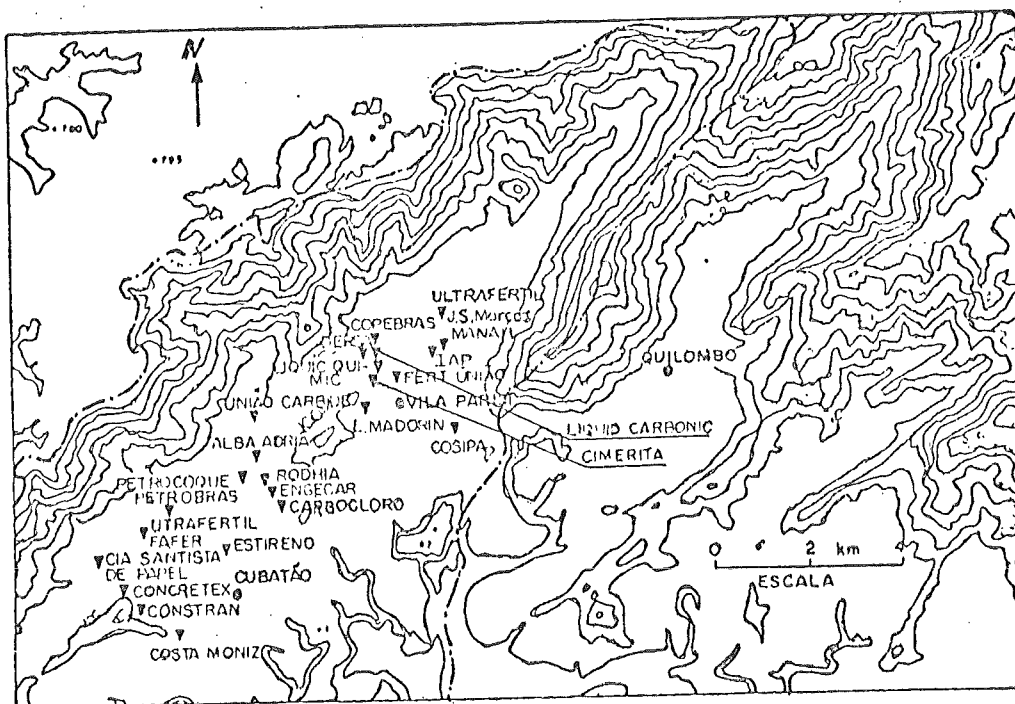


Figura 1- Mapa esquemático da Região de Cubatão mostrando a localização das indústrias

A região está aproximadamente a 50 km da Capital e a 14 km de Santos, como uma área de 160 km² e uma população em torno de 80 mil habitantes. A Figura 2 mostra como a topografia de Cubatão se apresenta como um sistema quase fechado que propicia a ocorrência de condições desfavoráveis à dispersão de poluentes em dias críticos durante os meses de inverno. Em meio a estas condições encontram-se ali instaladas 25 indústrias, onde se incluem uma siderúrgica, uma refinaria petroquímica, indústrias químicas e de fertilizantes.

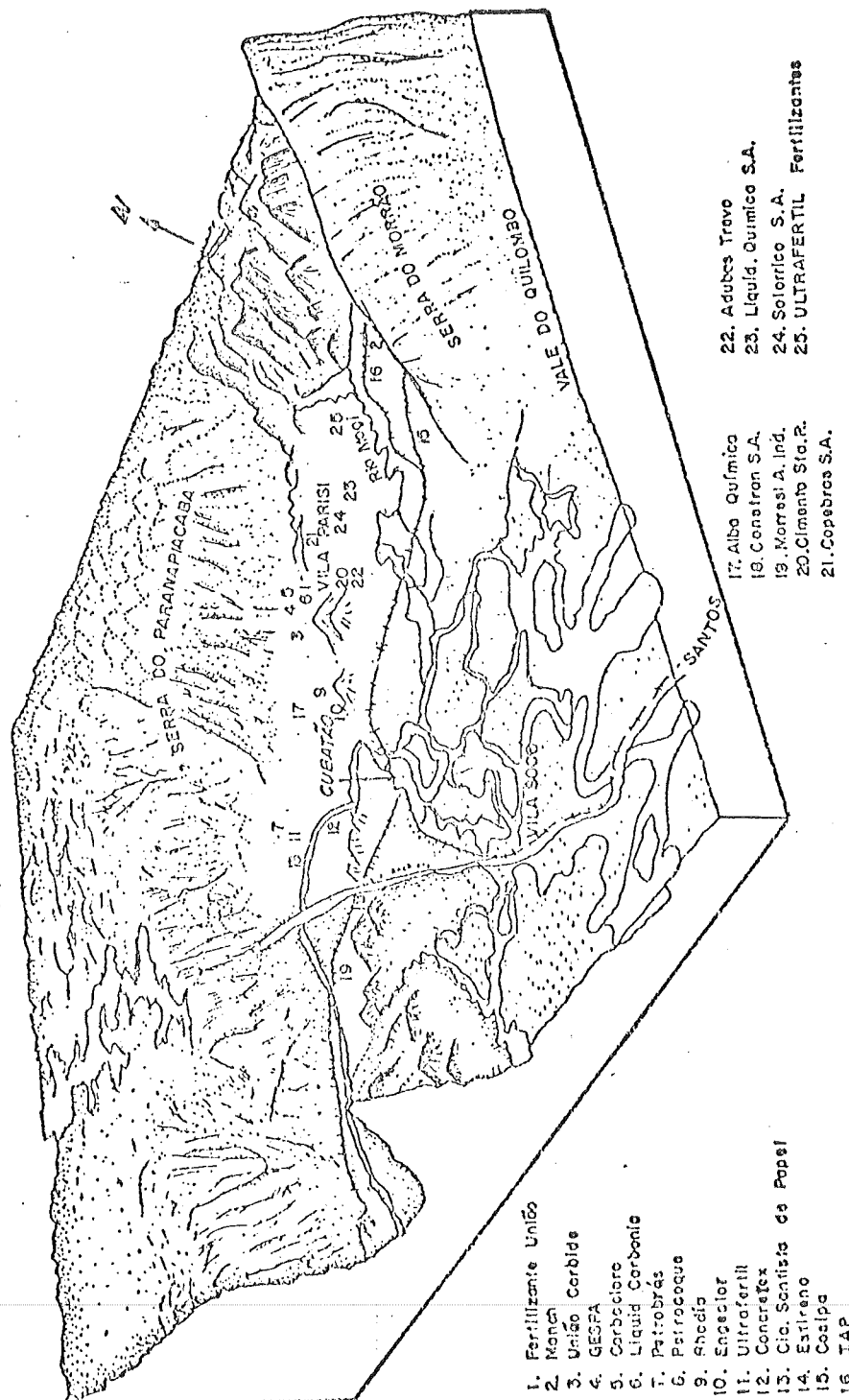


Figura 2 - Topografia do Município de Cubatão, adaptada do Trabalho de Ab Saber (6)

5. RESULTADOS

5.1. Pressão atmosférica e temperatura

Toda a região tropical do atlântico sul é dominada por um anticiclone sub-tropical marítimo com centro entre as latitudes de 20°S e 30°S. No inverno oscila para o norte e intensifica-se dominando completamente o continente, o avanço do anticiclone é caracterizado pelo aumento da pressão atmosférica a partir de abril até setembro, Figura 3. A consequência é o aprofundamento da camada de inversão de subsidência, produ

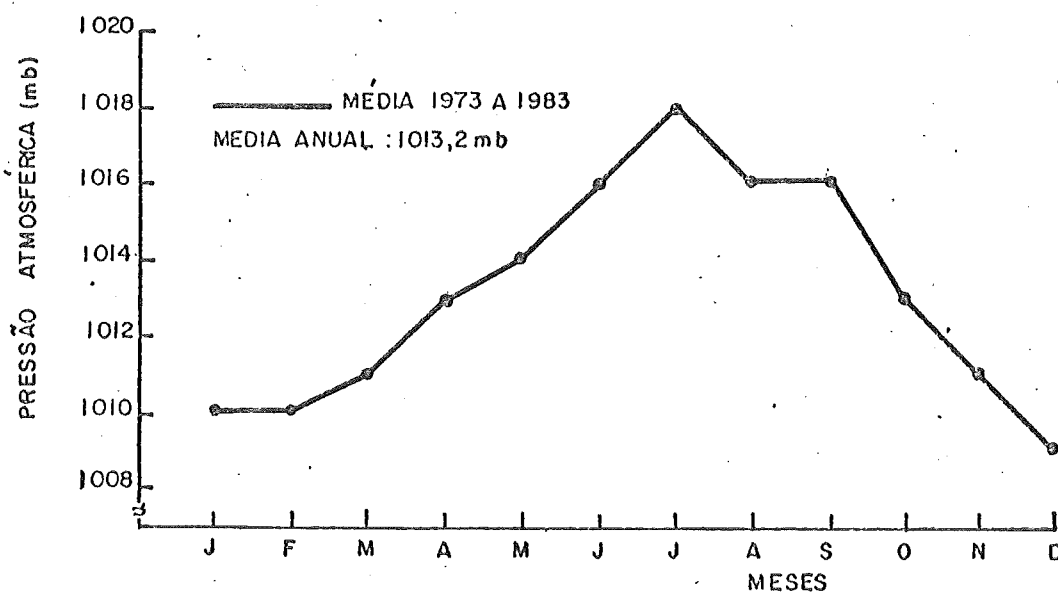


FIG. 3 - Distribuição de frequência da pressão atmosférica média mensal na Região de Santos, 1973 a 1983-

zindo desta forma uma camada fortemente estável e estabelecendo uma situação de bloqueio que impede o avanço das frentes frias para o continente resultando na formação de nevoeiros de radiação ao amanhecer e de nebulosidade do tipo baixa, à tarde. Isto implica na redução do fator insolação nas regiões costeiras durante o inverno.

Em geral, janeiro e fevereiro são os meses de temperaturas mais baixas das águas costeiras (fenômeno de ressurgência). O forte aquecimento continental intensifica as brisas marítimas, que trazem consigo a camada de Mistura Marinha de pouca extensão vertical, porque nesta época as águas oceânicas são mais frias do que o ar. Nos meses de inverno em Cubatão, embora haja menor número de horas de insolação a camada de Mistura de verã ser mais elevada devido ao efeito das águas costeiras que estão mais quentes do que o ar. O valor reduzido da insolação em Cubatão é atribuído à penetração do ar frio do sul sobre a costa mais quente, como fator causador da nebulosidade durante o inverno.

A temperatura responde a esses efeitos conforme mostra os gráficos da Figura 4. No entanto, observa-se que em qualquer mês a temperatura média de Cubatão é sempre superior à de Santos, embora ambas as cidades estejam entre si a 14 km de distância. Esta diferença de temperatura deve ser atribuída a fatores já discutidos acima e também ao confinamento industrial e à própria ocupação urbana de Cubatão que deve contribuir com o aumento da taxa calorífica na região. O aumento da diferença de temperatura maior, no inverno, coincide com a maior produção das indústrias de fertilizantes.

Segundo Atwater (1972), a urbanização e a industrialização tem causado variações de microescala e mesoescala no tempo e no clima.

O melhor documento destas variações, é o aumento da temperatura de superfície dentro de cidades e a geração da "ilha de calor".

Em geral, a temperatura do centro da cidade é 10°C maior do que a de suas vizinhanças. Os maiores fatores hipotetizado que explicam a ilha de calor urbana incluem: a) uma fonte de calor adicional devido à queima de combustível; b) edificação urbana que varia as características da turbulência; c) varia

ção das características da superfície (substituição do solo por concreto) que alteram as propriedades da superfície e a quantidade da possível evaporação; e d) a variação no balanço da radiação devido a adição de poluentes atmosféricos.

Estes fatores podem ser logicamente considerados capazes de iniciar o acréscimo da atividade de nubes cúmulus. Estudos climatológicos tem mostrado que um dos fatores causativos desta incitação de nebulosidade são os efeitos térmicos produzidos pela ilha de calor (Huff and Chaugnon, 1972). Isto é característico de regiões do tipo Cubatão cuja consequência desta nebulosidade é a excessiva quantidade de precipitação existente na área.

Em Cubatão não existem medições do perfil vertical de temperatura para se analisar as condições de estabilidade atmosférica. Uma vez que se trata de uma informação importante para se estimar as condições de dispersão. No entanto é possível se estimar a estabilidade da temperatura horizontal.

Através da distribuição horária da temperatura horizontal, estabeleceu-se um critério arbitrário, mas racional, para se ter uma idéia das condições de estabilidade atmosférica, conforme mostra a Tabela 1. Os dados aqui apresentados excluem os meses de outubro a dezembro por estarem incompletos, portanto não figuram na Tabela. Nos meses de maio a setembro entre 20 e 9 horas, ocorrem temperaturas abaixo de 20°C, que são associadas ao resfriamento radiativo devido a perda de calor para o espaço caracterizando a estabilidade noturna durante cerca de 58% do tempo. Esta situação tende a inibir a turbulência vertical e reduzir o poder diluidor da atmosfera. Após às 9 horas até às 15 horas ocorre rápido aquecimento do solo que transmite calor para o ar, junto à superfície aumentando sobremaneira a atividade turbulenta da atmosfera, indicando o início da dispersão vertical (condições estáveis). Esta condição começa a enfraquecer entre 16 e 19 horas (ligeiramente instável) e finalmente a partir das 20 horas volta a

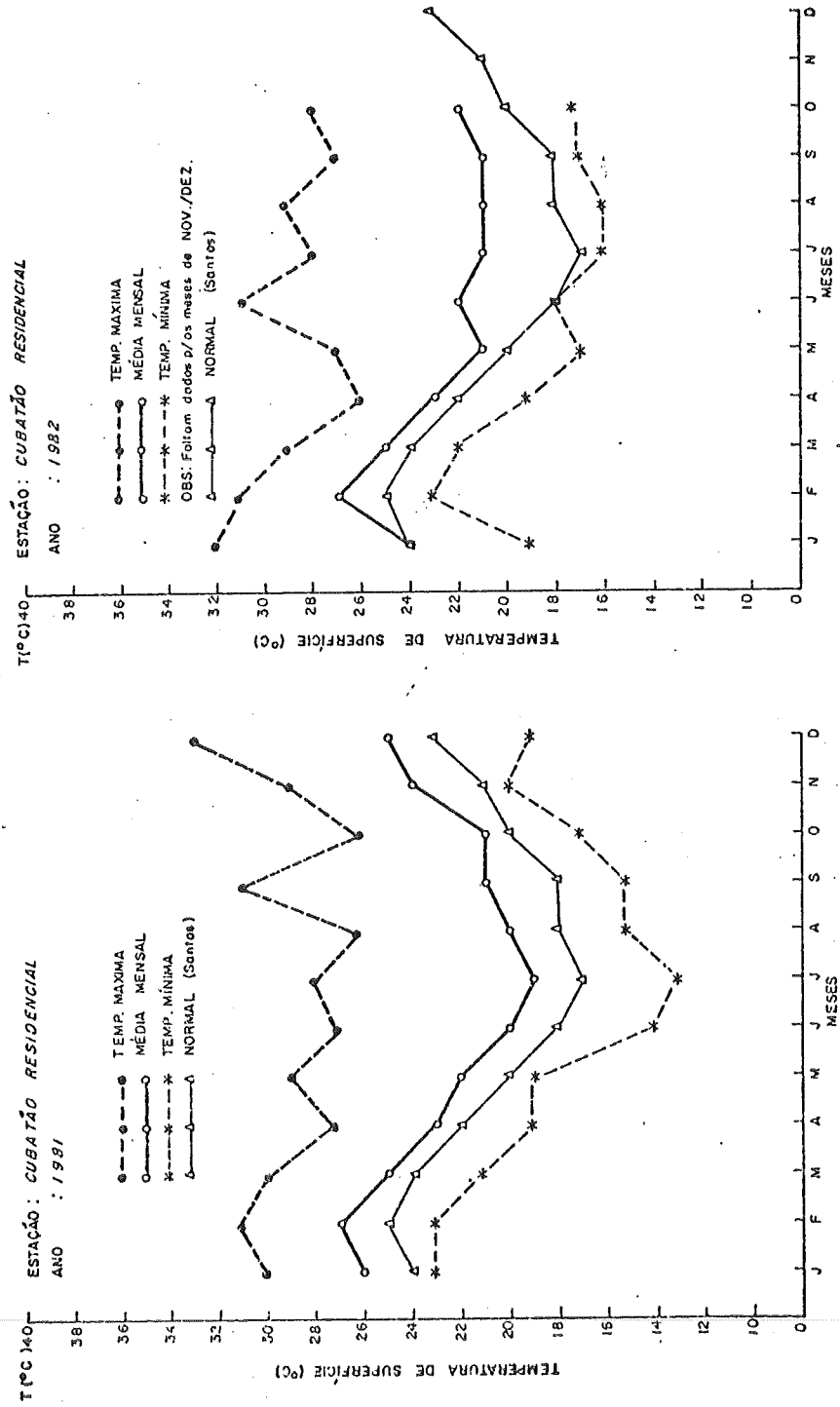
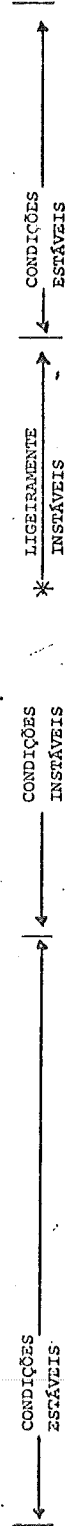


Fig. 4 - Distribuição mensal da temperatura em Cubatão e Santos.

TABELA 1. DISTRIBUIÇÃO MENSAL E HORÁRIA DA TEMPERATURA MÉDIA (°C) - ESTAÇÃO DE CUBATÃO RESIDENCIAL - PERÍODO DE JANEIRO A SETEMBRO, 1981/1982

MESES \ HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Janeiro	23.5	23.0	23.0	24.0	22.5	22.5	23.0	25.5	26.5	27.0	28.0	28.0	28.0	27.5	27.5	26.5	26.5	25.5	25.0	24.5	24.5	24.0	24.0	23.5
Fevereiro	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	26.0	27.5	29.0	30.0	30.0	30.0	29.5	29.5	29.0	28.5	27.5	27.0	26.0	25.0	25.0	25.0	24.0
Março	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	24.0	25.5	27.5	28.0	28.5	27.5	27.5	27.5	27.5	26.5	25.5	25.0	24.5	24.0	24.0	24.0	23.5
Abril	21.0	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	21.0	23.5	25.0	25.5	26.0	26.0	26.0	26.0	25.0	24.0	23.5	23.0	22.0	22.0	21.0	21.0	21.0
Maio	19.5	19.0	19.0	18.5	18.5	18.5	18.5	19.5	22.0	24.0	25.0	25.5	26.0	26.0	25.0	24.5	23.5	23.0	22.0	21.0	21.0	20.0	20.0	20.0
Junho	19.5	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.5	21.5	22.5	24.0	24.5	25.5	25.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.5	20.0	19.0	19.0	19.0
Julho	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.0	17.0	17.5	19.5	21.5	23.0	23.5	24.0	24.0	24.0	23.5	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5
Agosto	18.5	18.0	16.5	18.0	18.5	16.0	18.5	19.0	21.0	22.5	23.5	24.5	24.5	24.5	24.5	23.5	23.5	22.5	21.5	20.0	19.0	19.5	19.0	18.5
Setembro	19.0	19.0	19.0	18.5	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	22.5	20.0	21.0	20.0	19.0	19.0	19.0



Obs.: Os meses de outubro a dezembro por estarem incompletos, não figuram nesta tabela

predominar as condições estáveis.

5.2. Vento de superfície

Para analisar o vento de superfície considerou-se as influências topográficas próprias da região e conseqüentemente o efeito direto na problemática física da dispersão atmosférica.

A idéia central é fornecer insumos básicos para as atividades do controle e da previsão meteorológica.

No estudo do vento considerou-se os seguintes pontos: a análise vetorial horária (hodógrafas); a persistência horária da velocidade; a frequência da calmaria; rosas do vento; e a análise do fluxo do vento.

5.2.1. Análise vetorial horária (hodógrafas)

As Figuras 5 e 6, mostram as hodógrafas do vento médio de Cubatão Residencial (CR) e da Vila Parisi (VP) respectivamente. Nesta configuração os eixos \bar{u} e \bar{v} correspondem à direção zonal e meridional e o vento para qualquer hora, é um vetor que conecta a origem do eixo ao ponto indicado pela hora marcada.

Os dados foram agrupados em três períodos a saber: o período I (janeiro a abril), o período II (maio a agosto) e o período III (setembro a dezembro).

Em todos os períodos existem uma semelhança no comportamento do vento médio tanto em CR como na VP, exceto no período III de CR, onde se observa um forte domínio dos fluxos de oeste-sudoeste durante boa parte do tempo.

Para melhor ilustrar quais os quadrantes preferenciais do fluxo do vento, elaborou-se as Tabelas 2 e 3 para VP e CR, que mostram a distribuição mensal dos fluxos divididos em quatro quadrantes: o de noroeste, o de sudoeste, o de sudeste e o

de nordeste.

Tanto nas Tabelas como nas Figuras 5 e 6, observa-se que o fluxo de nordeste (sentido da VP para a Refinaria) inicia a partir das 20 horas em CR e às 21 horas na VP. Este quadrante representa as direções dos setores 1, 2, 3 e 4.

Em geral este fluxo está associado com o vento frio de drenagem da Serra do Mar e pode se estender durante o dia dependendo da condição sinótica dominante. Este fluxo atinge seu valor máximo em torno de 2 a 3 horas em CR e às 7 e 6 horas na VP e retorna ao seu valor mais baixo entre 20 e 21 horas.

O fluxo de sudoeste possui um vetor resultante mais intenso porque ocorre durante o dia tendo, seu valor máximo em torno das 14 e 15 horas, que coincide com a maior intensidade da brisa marítima.

O fluxo de nordeste à noite conduz a níveis elevados de poluição principalmente no distrito da VP. Ao contrário, o fluxo de sudoeste no decorrer do dia, embora sujeito às oscilações direcionais pode transportar e acumular matéria em suspensão em direção à VP e para o fundo do Vale do Mogi (VM).

Analisando-se o desvio padrão dos componentes do vento médio, os resultados revelaram que estatisticamente as perturbações turbulentas noturnas, são relativamente menores do que as diurnas. Este fato indica que à noite existe uma acentuada estabilidade atmosférica devido ao resfriamento noturno, enquanto durante o dia domina a penetração do ar quente e úmido originado pelo fenômeno da brisa marítima determinando as condições atmosféricas altamente instáveis.

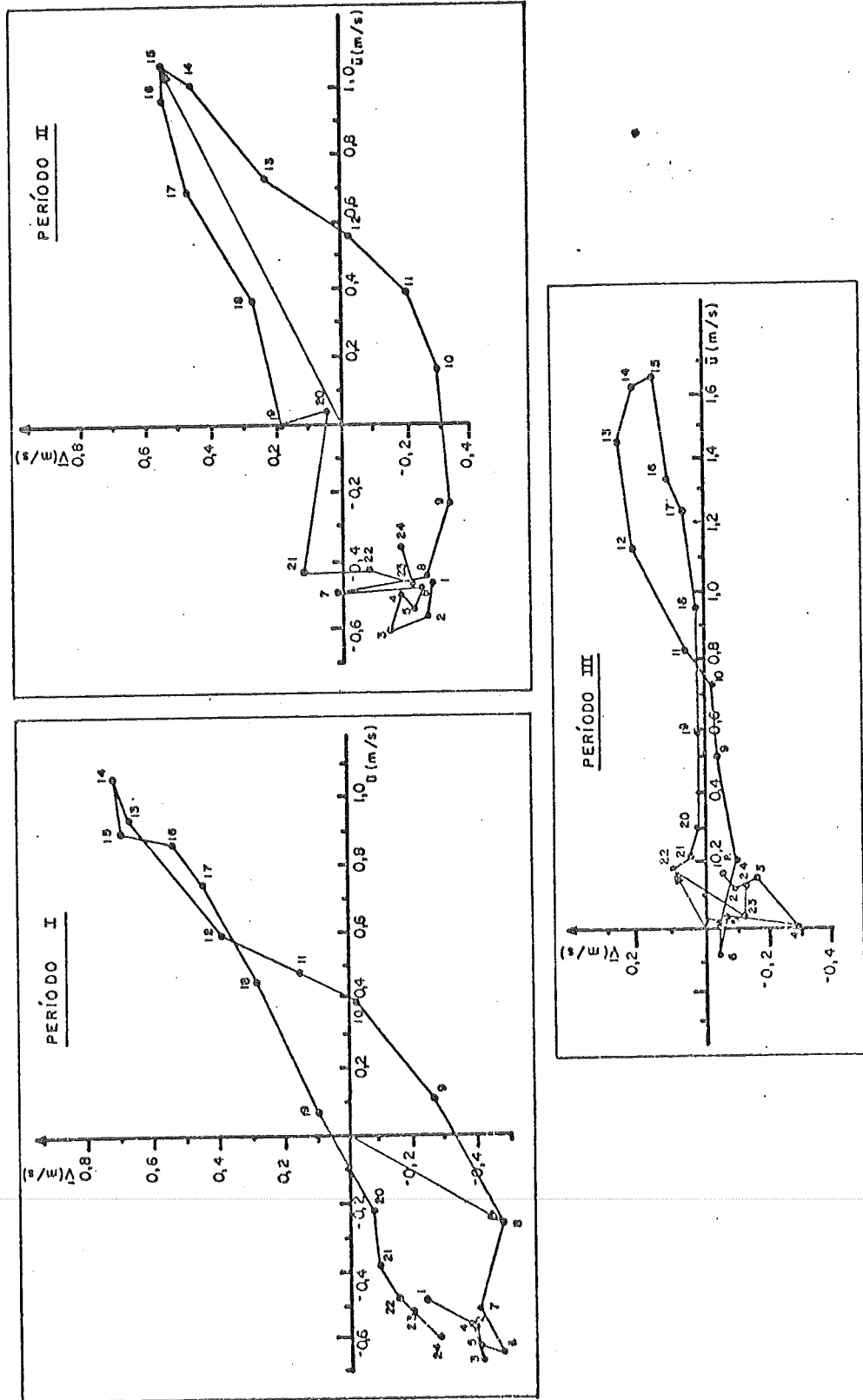


FIGURA 5 : HODÓGRAFAS MÉDIAS (1981/1983) DO VENTO RESULTANTE PARA OS PERÍODOS I (Jan.º a Abr.), II (Mar.º a Ago.) e III (Set.º a Dez.) para a estação de CUBATÃO RESIDENCIAL.

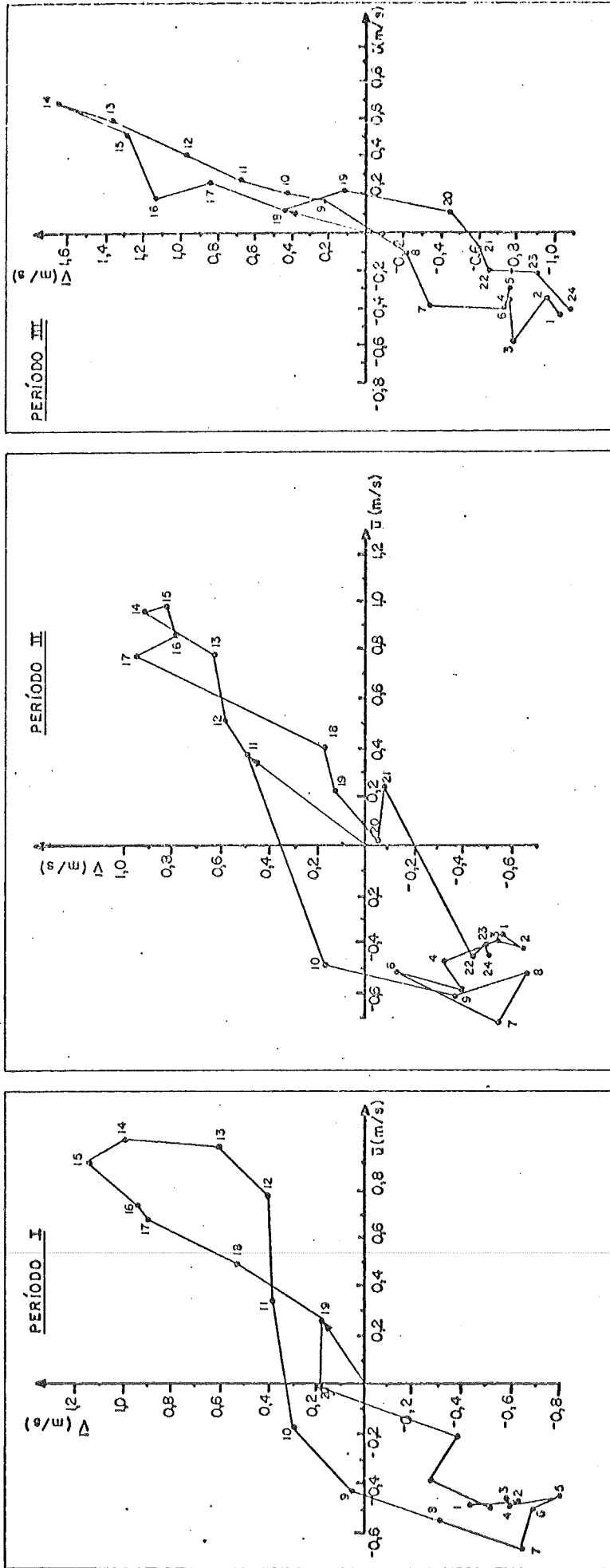


FIGURA 6 : HODÓGRAFAS MÉDIAS (1981/1983) DO VENTO MÉDIO RESULTANTE PARA OS PERÍODOS I (Jan. à Abr.), II (Mar. à Ago.) e III (Set. à Dez.) para a estação 60 VILA PARISI

TABELA 2 - Distribuição mensal do fluxo do vento por quadrante na Vila Parisi

Direção Fluxo	NOROESTE				SUDESTE				SUDESTE				NORDESTE			
	Freq	%	Nº de Horas	Interv Horas	%	Nº de Horas	Interv Horas	%	Nº de Horas	Interv Horas	%	Nº de Horas	Interv Horas	%	Nº de Horas	Interv Horas
JANEIRO		4	1	9	42	10	10às19	4	1	20	50	12	21às08			
FEVEREIRO		8	2	9às 10	33	8	11às18	4	1	19	54	13	20às08			
MARÇO		8	2	9às 10	38	9	11às19	4	1	20	50	12	21às08			
ABRIL		-	-	-	38	9	11às19	4	1	20	58	14	21às10			
MAIO		-	-	-	42	10	10às19	-	-	-	58	14	21às09			
JUNHO		8	2	3às04	29	7	11às17	17	4	18às21	46	11	05às10			
JULHO		4	1	10	42	10	11às20	4	1	21	50	12	22às09			
AGOSTO		-	-	-	42	10	10às19	-	-	-	58	14	20às09			
SETEMBRO		-	-	-	46	11	08às18	8	2	19às20	46	11	21às07			
OUTUBRO		-	-	-	46	11	10às20	13	3	21às23	42	10	24às09			
NOVEMBRO		-	-	-	46	11	09às19	-	-	-	54	13	21às08			
DEZEMBRO		-	-	-	42	10	09às18	8	2	19às20	50	12	21às08			

Tabela 3 - Distribuição mensal do fluxo do vento por quadrante em Cubatão Residencial

M E S	DIREÇÃO DO VENTO											
	NOROESTE			SUDOESTE			SUDESTE			NORDESTE		
	FREQUÊNCIA											
	%	Nº de horas	Interv horas	%	Nº de horas	Interv horas	%	Nº de horas	Interv horas	%	Nº de horas	Interv horas
Janeiro	4	1	9	42	10	10 às 19	-	-	-	54	13	20 às 08
Fevereiro	8	2	09 às 10	38	9	11 às 19	4	1	20	50	12	21 às 08
Março	4	1	9	42	10	10 às 19	-	-	-	54	13	20 às 08
Abril	4	1	10	33	8	11 às 18	4	1	19	58	14	20 às 09
Maiο	17	4	09 às 12	25	6	13 às 48	8	2	19 às 20	50	12	21 às 08
Junho	8	2	10 às 11	38	9	12 às 20	8	2	21 às 22	46	11	23 às 09
Julho	4	1	10	38	9	11 às 19	4	1	20	54	13	21 às 09
Agosto	8	2	10 às 11	30	7	12 às 18	4	1	19	58	14	20 às 09
Setembro	38	9	11 às 18	4	1	18	58	14	20 às 09	-	-	-
Outubro	17	4	16 às 19	21	5	11 às 16	29	7	5;1;2; 8;10; 23 e 24	33	8	3;4;6; 7;9;20; às 22
Novembro	-	-	-	38	9	10 às 18	25	6	19 às 24	38	9	01 às 09
Dezembro	8	2	09 às 10	33	8	11 às 18	8	2	19 às 20	50	12	21 às 08

5.2.2. Variação horária da velocidade média do vento de superfície

Os dados básicos para desenvolvermos toda análise do vento médio em Cubatão, foram os da estação CR, devido a existência de uma série temporal de três anos superior à série de um ano de medição da VP.

A Figura 7 contém a variação temporal da velocidade média do vento de superfície agrupada em três períodos de quatro meses a saber: o período I (janeiro, fevereiro, março e abril); o II (maio, junho, julho e agosto); e o III (setembro, outubro e novembro). Nota-se que em média a velocidade aumenta a partir das 08 horas, atinge um valor máximo entre 13 e 15 horas, decresce logo em seguida se estabilizando com uma velocidade entre 1 e 1,5 m/s depois das 19 horas.

O período I (verão) possui velocidades menores durante o dia e a noite. E entre 04 HL (hora local) e 08 HL (hora local) a velocidade média do período II é relativamente elevada em comparação com os demais períodos.

Paradoxalmente, isto contradiz a teoria da estabilidade atmosférica, que devido ao resfriamento noturno as camadas próximas da superfície tendem a se estratificar e inibir a turbulência vertical estabelecendo o aumento da calmaria.

Nesta época do ano, o resfriamento noturno se desenvolve rapidamente e a extensão vertical da brisa marítima não deve ser muito superior a 1,5 km, Munn, (1966). Com isto, a Serra do Mar atua como um ponto de divergência no sentido de inverter o fluxo do suldeste, intensificando a componente do vento do quadrante norte-nordeste, durante pequeno intervalo de tempo, no decorrer da madrugada. Portanto, este tipo de circulação, em regiões costeiras, e próximo de montanha, é chamada de "catabática", cujo papel principal é drenar o vento do topo para a base da montanha. Particularmente, em Cubatão a Serra do

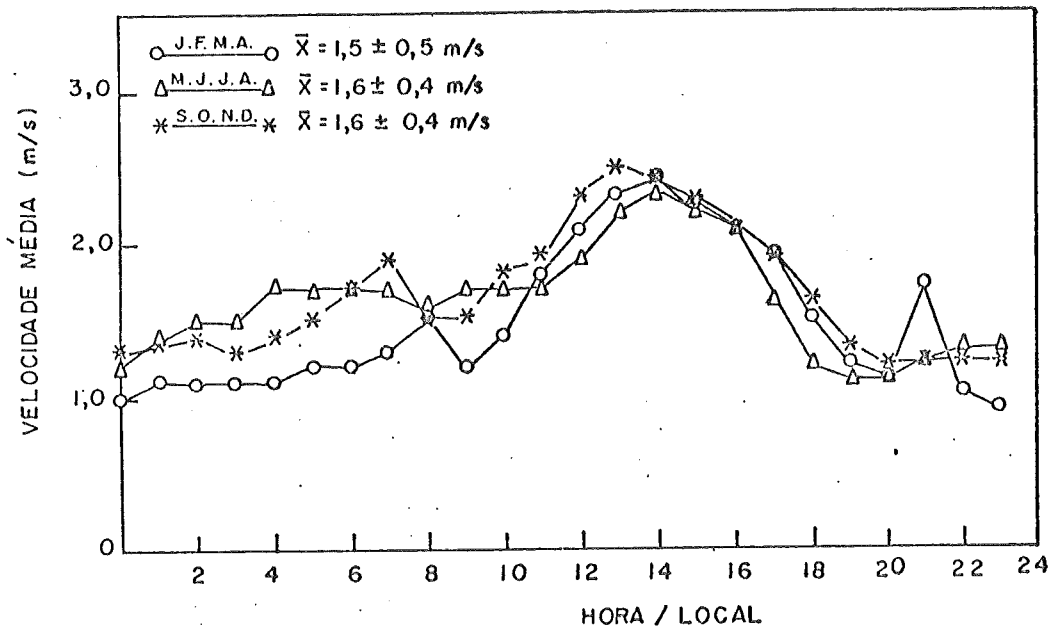


FIGURA 7 : VARIAÇÃO HORÁRIA DO VENTO MÉDIO DE SUPERFÍCIE, AGRUPADA EM TRES PERÍODOS DE QUATRO MESES DE 1981 à 1983. CUBATÃO RESIDENCIAL, SÃO PAULO. (velocidade)

Mar é razoavelmente íngreme, portanto contribui para a ocorrência do fenômeno nos meses de inverno.

Nos outros períodos, apesar da velocidade ser menor durante a madrugada, o resfriamento também é menor, mas a mistura vertical turbulenta é maior e a estabilidade mais fraca, portanto, nestas condições o fenômeno é o inverso, chamado "anabático". O vento anabático está associado com as correntes ascendentes que persistem mais nos períodos I e II do que no III.

Com relação as faixas de velocidades mais frequentes, bem como as rajadas máximas, elaborou-se a Tabela 4. Verificou-se que em qualquer época do ano as faixas mais frequentes são: a entre 0,0 e 1,5 m/s, com mais de 50% de ocorrência e, a entre

1,6 e 2,5 m/s com 30% de ocorrência em qualquer época do ano.

As rajadas máximas podem ocorrer, também durante os meses de inverno que vai depender das penetrações bruscas dos sistemas frontais.

CUBATÃO RESIDENCIAL - PORCENTAGEM

 TABELA 4 - Distribuição da frequência relativa das faixas de velocidades e das rajadas máximas em Cubatão.
 Período de 1981/1983 e até outubro de 1984.

PERÍODO MES	0.0 - 1.5				1.6 - 2.5				2.6 - 5.5				5.6 - 10.5				10.6 - 15.5				15.6 -				VELOCIDADE MÁXIMA							
	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84				
JANEIRO	49	55	52	40	30	28	25	31	19	17	22	26	2	1	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10.8	7.4	7.3	13.5
FEVEREI	51	52	53	50	30	31	29	19	18	15	21	21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.4	5.2	9.7	4.9
MARÇO	49	58	56	56	31	29	26	32	19	13	18	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.3	6.9	6.2	4.3
ABRIL	57	63	61	62	31	27	24	27	12	10	13	11	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1	4.4	8.4	4.0
MAIO	62	69	54	70	30	26	30	22	7	5	15	6	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10.4	4.4	7.0	12.1
JUNHO	52	52	67	58	27	26	19	31	15	15	15	10	5	6	0	2	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	16.2	12.4	5.2	7.7
JULHO	59	58	52	50	22	25	26	29	12	11	16	19	5	4	6	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	20.7	16.7	11.9	9.5
AGOSTO	57	61	56	57	28	26	31	21	14	13	13	20	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.2	5.8	9.3	6.0
SETEMBRO	51	53	59	F	31	29	27	F	15	17	13	F	2	0	1	F	1	0	0	F	0	0	0	0	0	0	0	0	11.4	13.0	9.9	F
OUTUBRO	60	51	54	27	29	29	29	13	18	14	0	3	3	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.9	14.7	15.4	
NOVEMBRO	57	49	47	32	31	27	11	18	25	0	2	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.9	14.7	11.0	
DEZEMBRO	53	46	27	26	17	27	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.1	10.3	8.6	

5.2.3. Rosas do Vento

Após analisar-se o vento de superfície de diversas formas, se utilizará a forma tradicional de representação, através da rosa do vento.

Dada a marcada periodicidade diurna do vento, devido as influências da topografia local e os fenômenos de brisas próprias da região, elaborou-se as rosas do vento mensais divididas em faixas de seis em seis horas e em três períodos, de quatro meses, ilustradas nas Figuras 8, 9 e 10.

O objetivo deste método foi tentar mostrar que o vento médio, durante às 24 horas do dia sofre alterações significativas em função dos efeitos do aquecimento diurno e da topografia local, conseqüentemente, tanto a direção como a velocidade se alteram no decorrer das 24 horas.

Analisando o período das 00 às 06 HL, em qualquer mes do primeira semestre do ano, os ventos predominantes são os do quadrante norte que sopram com baixas velocidades exceto no mês de julho, cujas velocidades médias chegam a superar os 4,5 m/s.

No segundo semestre os ventos não apresentam uma direção preferencial definida, podendo soprar de qualquer direção.

Os ventos do quadrante norte, são resultantes das brisas descendentes de montanha que se verificam à noite e correspondem na sua essência ao fluxo de ar frio que desce a Serra do Mar devido ao efeito da força gravitacional.

Quanto a sua baixa frequência no segundo semestre deve-se ao fato da atmosfera estar passando por um período de transição de uma estação fria para outra mais aquecida.

No período de 06 às 12 HL, a atmosfera está se submetendo ao início do aquecimento diurno e há uma tendência geral dos ven

tos soprarem dos quadrantes de sudoeste a sudeste. Esta direção, de baixa frequência, é notada em qualquer mês do ano, principalmente nos meses de verão. Um fato importante são as rajadas de vento dos quadrantes de noroeste a nordeste em quase todos os meses. Este fato caracteriza o efeito residual dos ventos descendentes das encostas ao amanhecer, que dependendo da época do ano, carrearão rapidamente todos os contaminantes acumulados da base da serra, emitidos por todo o complexo industrial ali existente, durante o período da madrugada. Logo os ventos associados às direções noroeste a nordeste, embora não sejam os mais predominantes, são os que mais contribuem para o aumento da concentração de poluentes detectados na estação.

No período das 12 às 18 HL, todas direções predominantes são as do quadrante sudeste a sudoeste caracterizando o forte efeito da brisa marítima e os ventos ascendentes de montanha resultante do excessivo aquecimento.

Esta predominância é observada em qualquer mês do ano, principalmente nos meses do verão.

No período das 18 às 00 HL, a situação é muito semelhante à da madrugada, com ventos do quadrante de noroeste a nordeste em qualquer mês do ano. Este período representa o enfraquecimento da brisa marítima e o início do domínio da brisa terrestre, adicionada ao efeito de drenagem dos ventos que descem à Serra do Mar. Segundo o que se tem acompanhado na prática, é exatamente neste período que iniciam os episódios agudos de poluição do ar na região.

Na Vila Parisi o vento obedece mais rigorosamente aos efeitos da topografia conforme mostram as Figuras 11, 12 e 13. No período diurno existe uma forte predominância da direção sudoeste (SE), sendo que a frequência maior aumenta no horário das 12 às 18 horas em qualquer mês do ano.

Esta direção sopra paralelamente à Serra do Mar, portanto à tarde, face ao excessivo aquecimento da serra e ao avanço da brisa, aumenta a sua predominância neste período. O vento nesta direção tende, também, a transpor a Serra do Mar, levando consigo, todo o material em suspensão (poluentes, vapor d'água, fluxo de calor, etc), que os deposita sobre a vegetação ao longo da sua trajetória.

Por outro lado, à noite e ao amanhecer, a direção mais persistente é a de nordeste, ao contrário de CR cuja direção mais predominante é a de norte a noroeste em qualques mês do ano.

A causa da predominância de nordeste (NE) na VP é determinada pela encosta da Serra do Quilombo, que à noite origina o fluxo de drenagem sobre a área da Vila Parisi, devido a perda de calor da serra para o espaço e a sua posição alinhada no sentido nordeste-sudoeste.

Esta direção de vento predominante além de favorecer a acumulação de poluentes no fundo do Vale do Mogi e na VP, permite a formação de inversões de fundo de Vale e a completa estabilização da atmosfera local, principalmente nos meses de inverno em dias de domínio de anticiclone subtropical marítimo. Este fato por diversas vezes foi constatado na prática durante os eventos de episódios de poluição do ar no inverno de 1984.

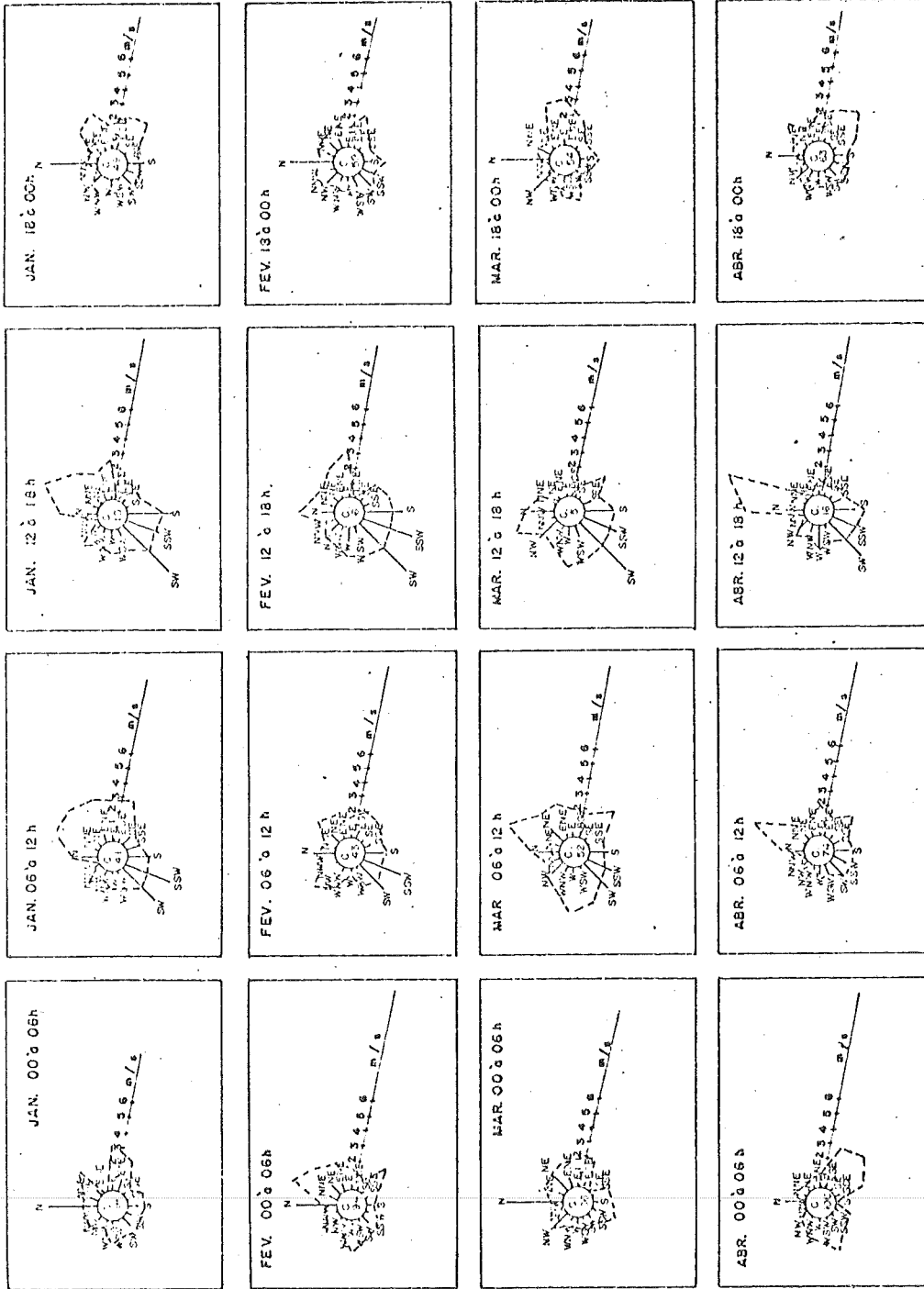
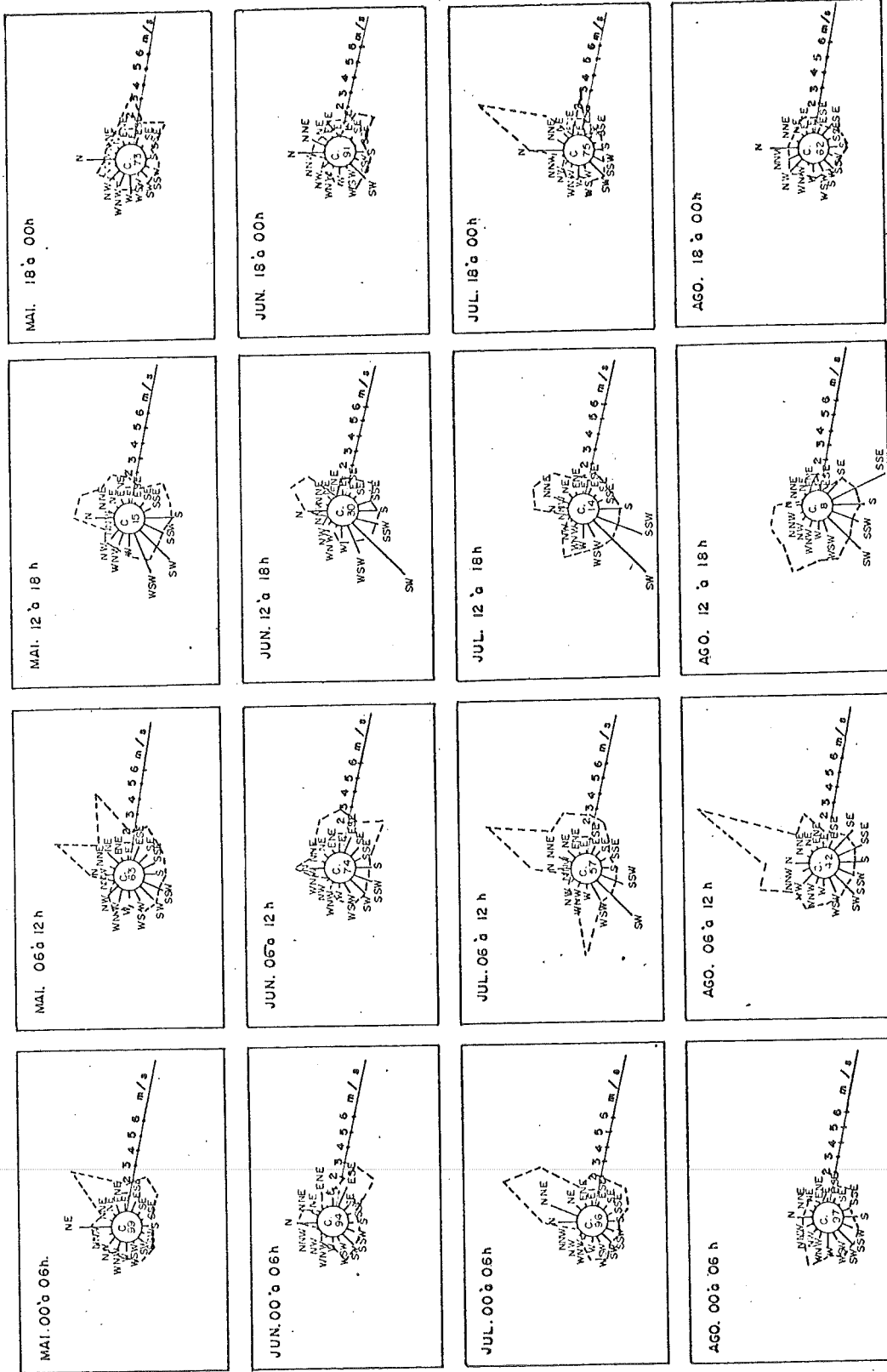


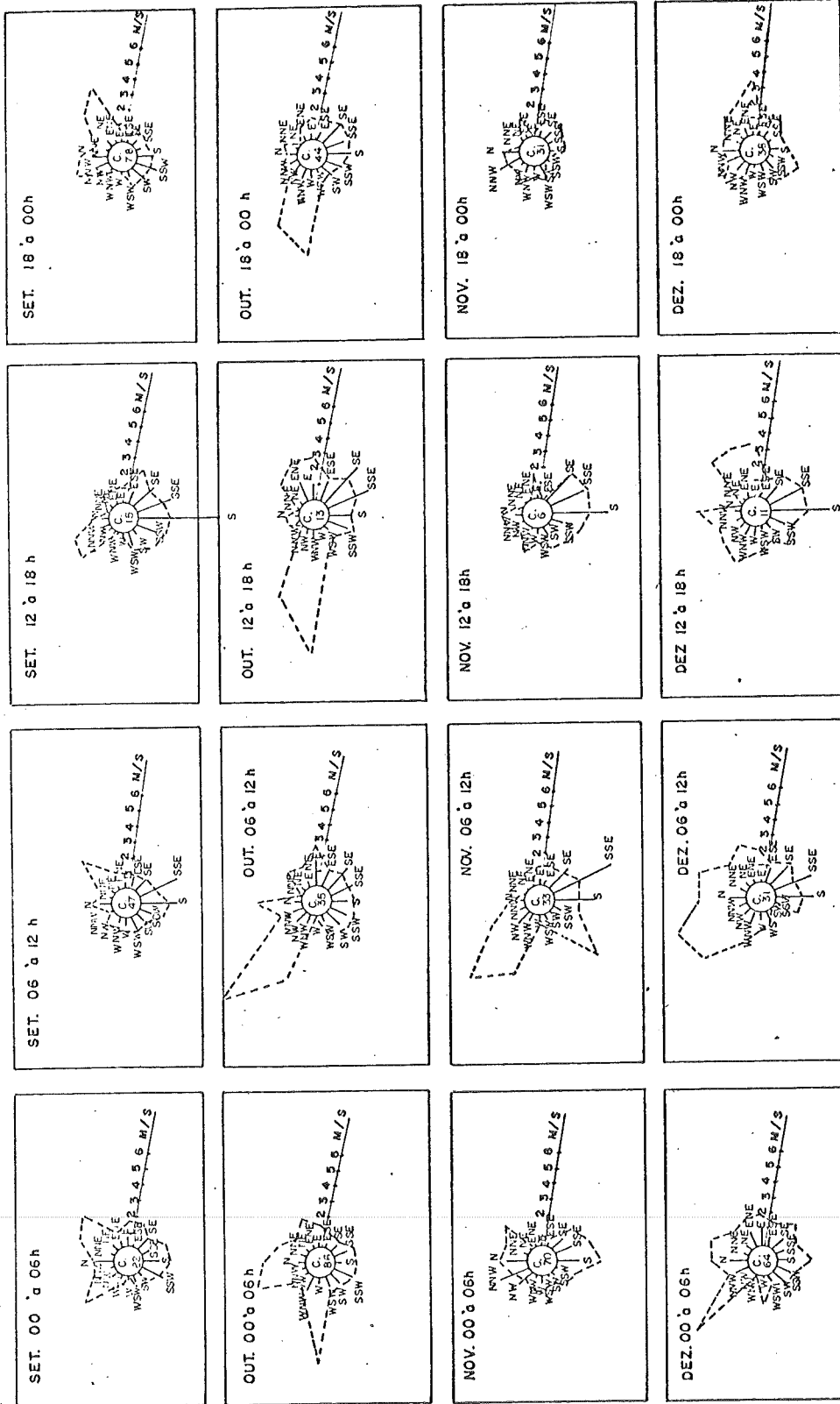
FIGURA 8 - Rosas do vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6HL
 Período I (janeiro à abril), 1981/1983. C.R.



ESCALA:
DIREÇÃO 0,10,20
Frequência
VELOCIDADE (Polígono)

C. CALMO

FIGURA 9 - Rosas do Vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6HL
Período II (maio a agosto), 1981/1983. C.R.



ESCALA
 DIREÇÃO 0.10
 VELOCIDADE (Polígono) 20

C. CALMO
 FIGURA 10 - Rosas do Vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6HL-
 Período III (set à Dez), 1981/1983 C.R.

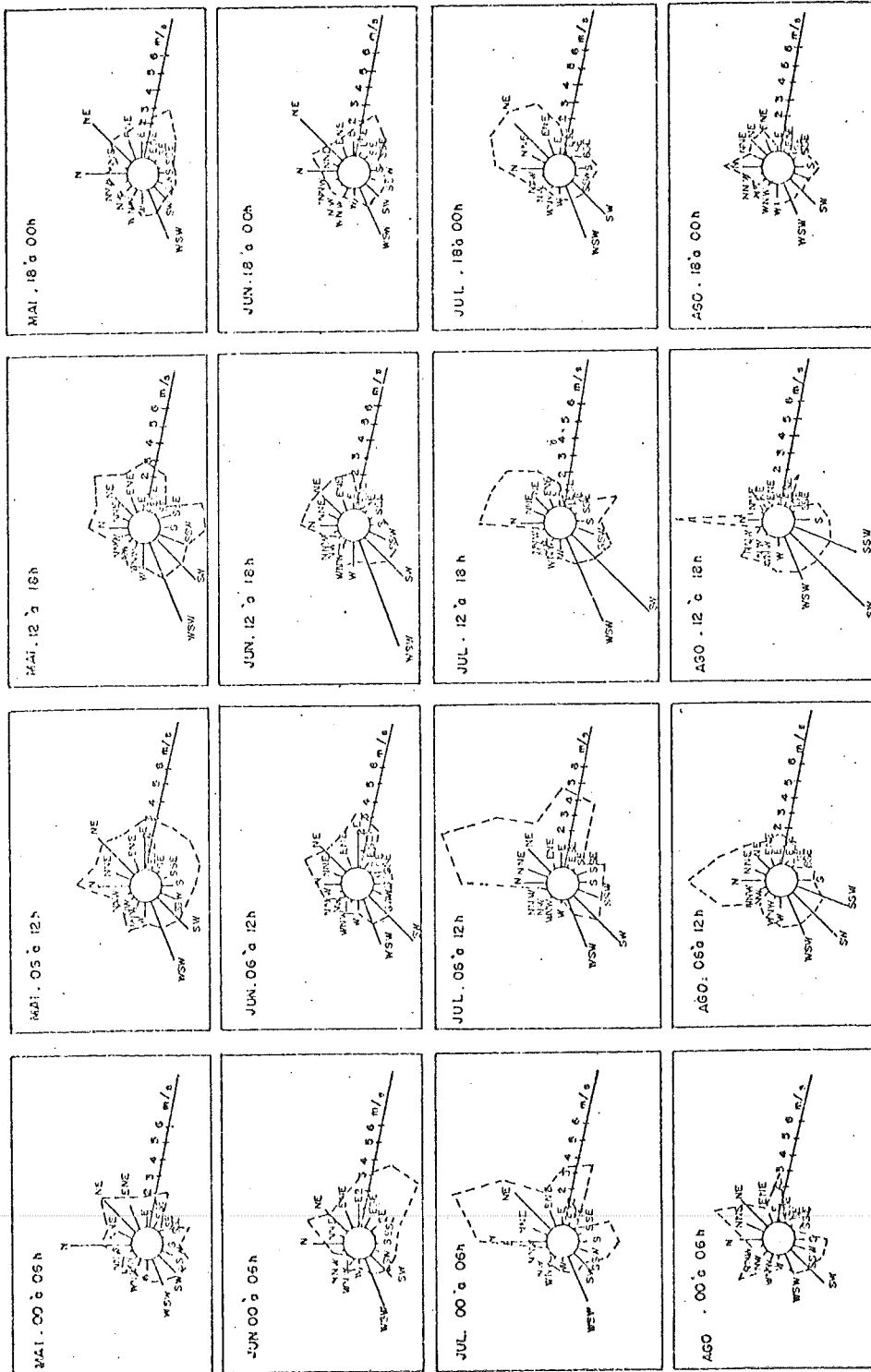


FIGURA 11 - Rosas do Vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6HL, Período I (janeiro à abril) 1983, V.P.

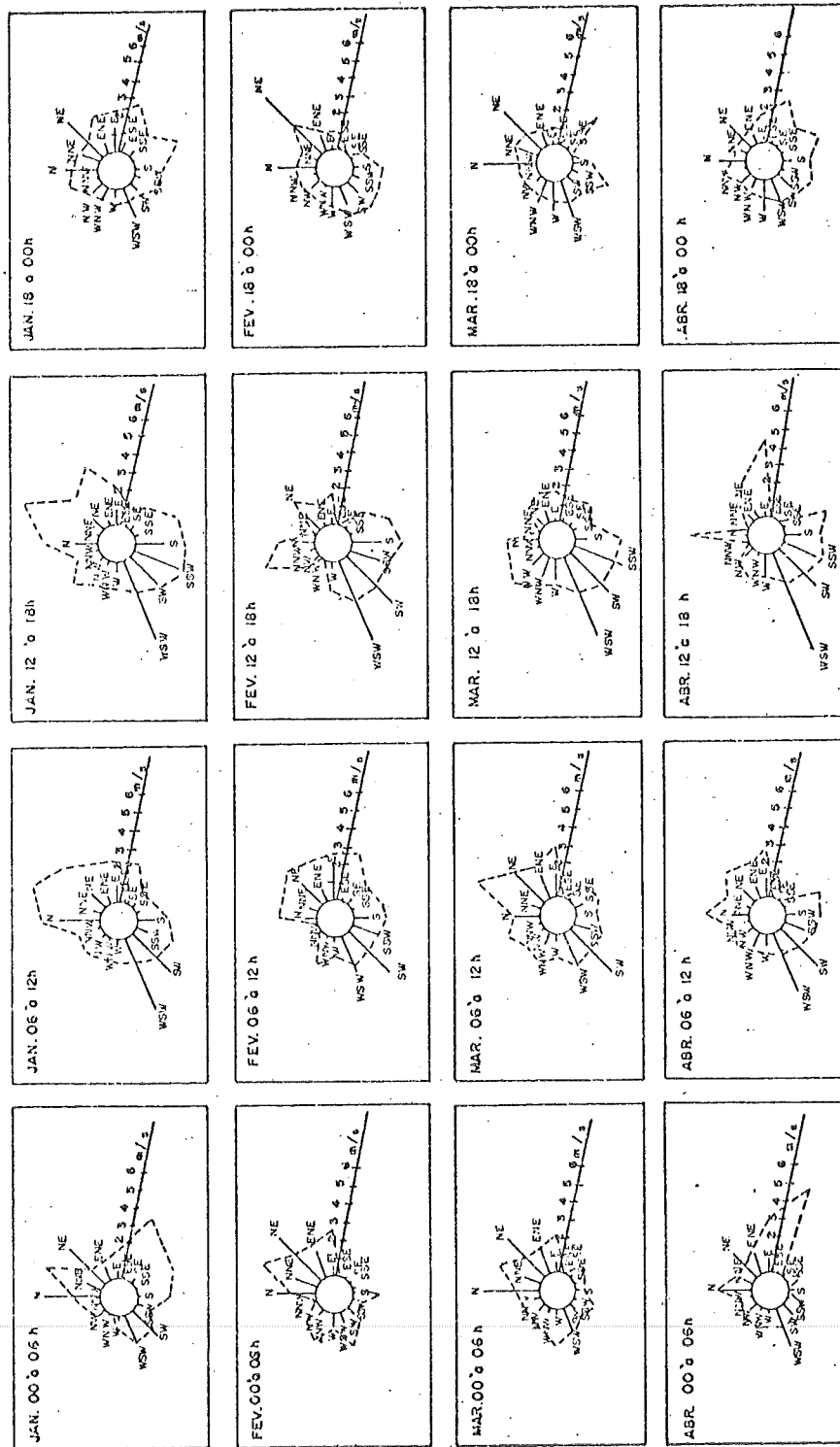


FIGURA 12 - Rosas do Vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6HL,
Período II (maio à agosto) 1983, V.P.

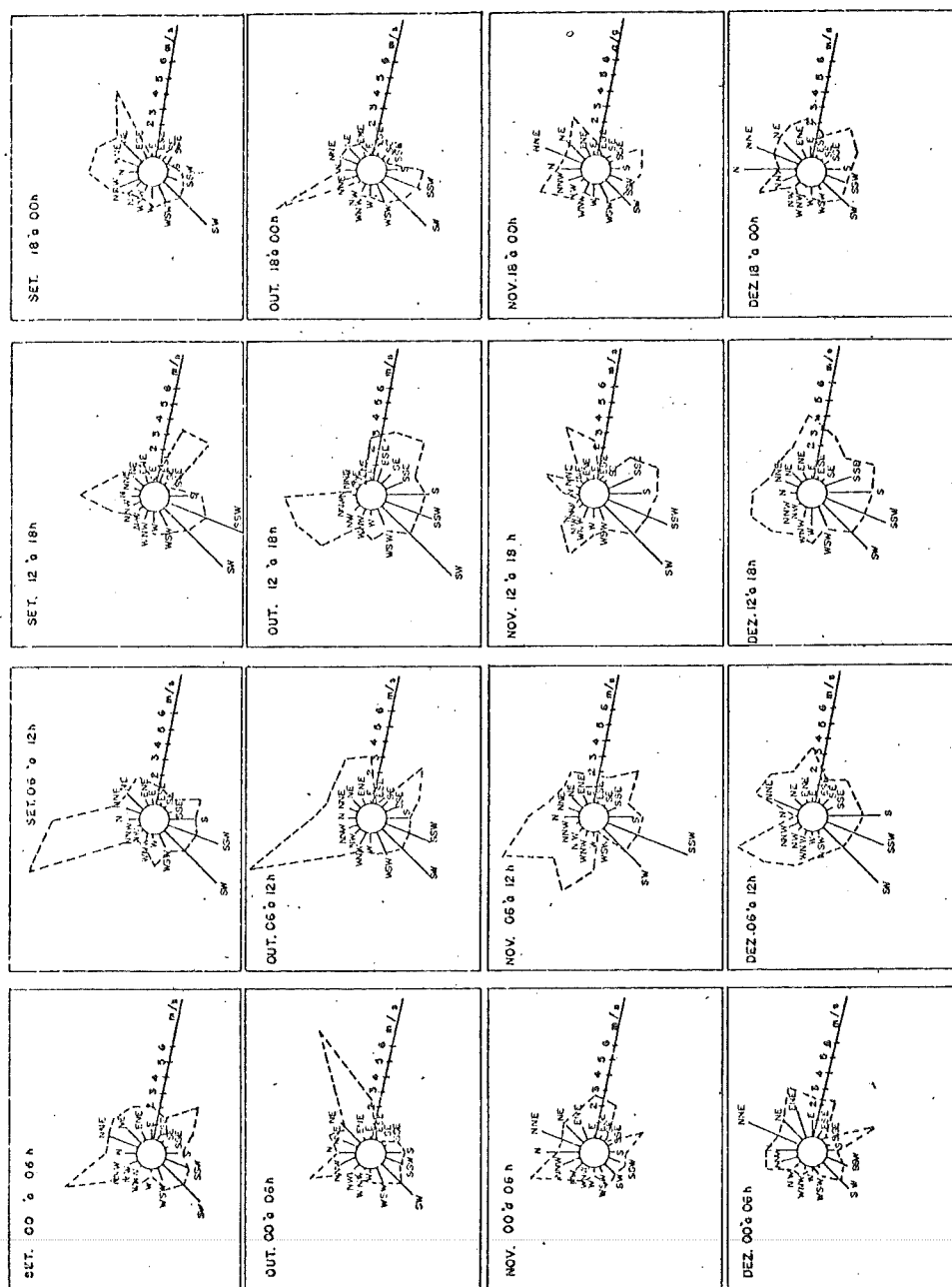


FIGURA 13 - Rosas do Vento de superfície divididas em intervalos de 6 em 6HL, Período III (setembro à dezembro) 1983, V.P.

5.2.4. Calmaria

A calmaria representa o número de horas de ausência de ventilação e é expressa em porcentagem.

A Figura 14 mostra a distribuição mensal da frequência relativa da calmaria referente ao período de 1981 a 1984, sendo que em 1984 utilizou-se 8 meses de dados disponíveis na época. Nota-se que a calmaria é superior a 30% a partir de fevereiro até agosto quando atinge o seu valor mais alto. O aumento da calmaria entre fevereiro e abril não deve ser aceito como indicador de uma situação crítica para a dispersão face ao elevado índice pluviométrico registrado nesta época do ano e a situação das condições altamente instáveis.

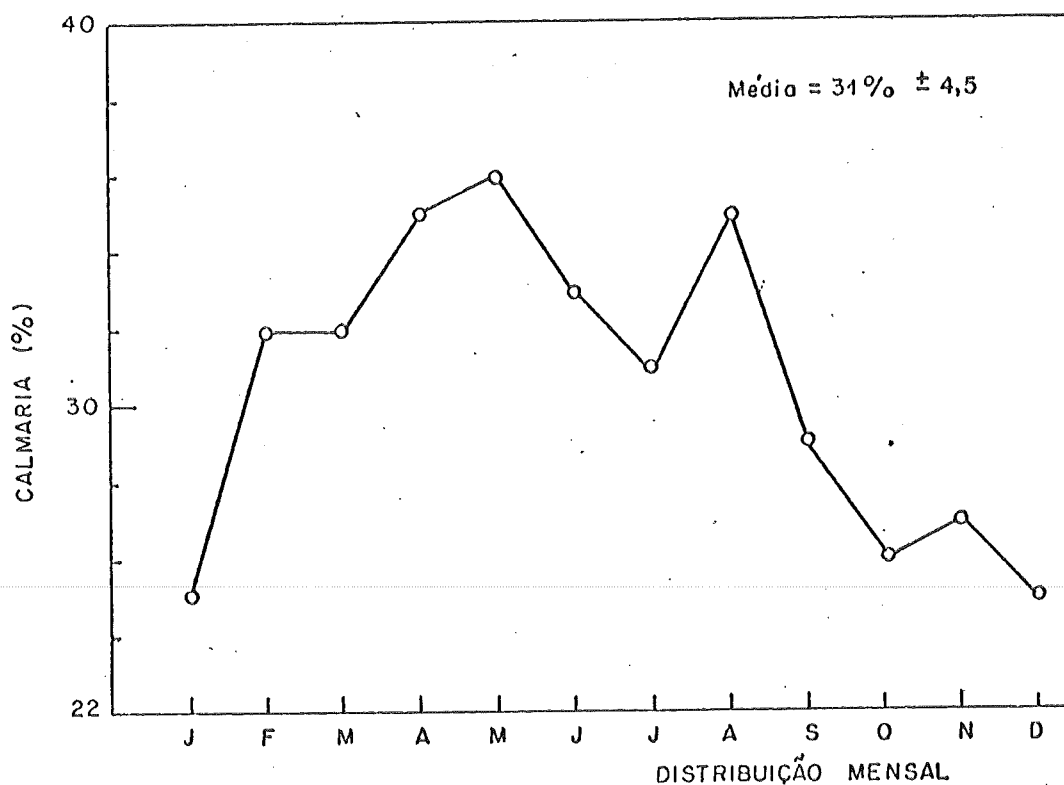


FIGURA 14: DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA DA CALMARIA MÉDIA DE 1981 à 1984. CUBATÃO RESIDENCIAL (CR), SÃO PAULO.

Na Tabela 5, contém a comparação da calmaria entre CR e VP. Em CR a porcentagem média anual da calmaria é da ordem de 30% mais ou menos um desvio de 4,5%. Os meses de maio a agosto se caracterizam como os mais críticos, portanto com porcentagens acima de 30% e compreendem o período de baixa pluviosidade devido ao domínio dos anticilcones subtropicais marítimos nesta época do ano.

Paradoxalmente a porcentagem da calmaria na VP é quase 50% menor do que em CR na maioria dos meses. O motivo desta discrepância deve-se ao fato da não continuidade da medição dos dados e do grande número de falhas no total medido. Portanto, a representatividade dos dados registrados na VP, não tem sido muito confiável, uma vez que na prática tem se observado que a calmaria na região é excessiva principalmente nos eventos de episódios.

TABELA 5 - Distribuição mensal da porcentagem da calmaria média das estações de Cubatão Residencial (1981/1984) e da Vila Parisi (9 meses/1982; 12 meses/1983 e 7 meses/1984)

MES EST	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Média Anual	
	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP	CR	VP
1981	30	-	38	-	25	-	28	-	38	-	24	-	26	-	31	-	24	-	25	-	31	-	21	-	28	-
1982	25	-	33	-	45	-	36	34	38	26	35	12	32	22	34	27	30	20	26	15	25	17	31	16	33	21
1983	30	12	31	15	27	15	45	17	36	12	42	19	35	19	30	20	33	18	28	17	26	16	24	8	32	16
1984	16	5	28	11	32	18	32	-	34	25	31	19	30	16	44	16	-	-	-	-	-	-	-	-	31	16
Média Mensal	25	8	32	13	32	16	35	25	36	21	33	17	31	19	35	21	29	19	26	16	27	16	25	12	31	18

CR - Cubatão Residencial
 VP - Vila Parisi
 - - Ausência de dados

Tabela 6 - Número de horas de calmaria anual em função de quatro períodos de 6 em 6 horas de Cubatão Residencial, 1981 a 1983

Período (horas).	Meses											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
00 - 06	96	94	68	106	99	94	98	97	82	86	70	64
06 - 12	41	49	52	74	63	74	57	42	47	35	33	31
12 - 18	10	6	5	16	15	30	14	8	15	13	8	11
18 - 00	49	59	54	63	73	91	75	62	78	44	31	38

O quadro da Tabela 6, demonstra a distribuição do número de horas de calmaria em função dos quatro períodos estudados para CR. Pode-se verificar que a calmaria do período de 00 - 06 HL, chega a ser quase nove vezes superior à que ocorre no intervalo das 12 às 18 HL e quase duas vezes superior a qualquer outro período e em qualquer mês do ano. Portanto, pode-se afirmar que do ponto de vista de favorável à dispersão, o melhor horário é o das 12 às 18 HL, enquanto os demais períodos representam condições bastante desfavoráveis a dispersão de poluentes.

5.2.5. Análise do fluxo do vento

A análise do fluxo do vento foi desenvolvida utilizando-se a técnica do traçado das linhas de corrente, (ver Oliveira, et alii., 1983) e aproveitando-se todas informações de vento disponíveis nas estações e nos laboratórios volantes instalados na região.

A observação básica para a descrição da presente análise foi calcada nos seguintes regimes de ventos predominantes: o sistema de brisas marítimas, e o regime dos ventos de drenagens devido à posição da Serra do Mar em relação ao nascer e por do sol, cujos raios solares incidem quase que perpendicularmente ao amanhecer dando origem às correntes ascendentes.

As Figuras 15 e 16, ilustram a análise resultante do fluxo através das linhas de corrente do campo do vento sob as condições de anticiclone semiestacionário durante os meses de inverno. Esta análise não tem validade na presença de sistemas frontais, com céu nublado e chuvoso.

A Figura 15, mostra a forte drenagem do vento no Vale do Mogi (VM), causada pelas escarpas, das serras do Mar e do Quilombo, dando origem a uma zona de convergência na superfície que em seguida diverge na direção da VP. No Vale do Quilombo (VQ) o fluxo convergente diverge na saída do Vale e intensifica o componente do fluxo na direção da VP. Este fluxo cria uma situação de bloqueio, para o transporte que se desloca do fundo do VM, permitindo com isso um movimento circular do vento, como se fosse um pequeno vórtice nesta região.

Este tipo de circulação tem sido constantemente observada, na prática, através do comportamento das plumas das indústrias que frequentemente tem sido vistas em direções contrárias dentro do Vale do Mogi. Por outro lado, em recente estudo sobre o episódio agudo de poluição no dia 10 de agosto, obteve-se a comprovação deste fato (relatório do Pj. Cubatão, agosto/84). Portanto, toda a poluição acumulada durante o dia é transportada da base da serra em direção à VP e distribuída sobre todo o município durante o período da noite.

A Figura 16, mostra o desenvolvimento da brisa marítima para Cubatão durante o dia sob condições de anticiclone. A brisa marítima inicia seu domínio após às 11 horas, (vide capítulo

sobre as hodógrafas do vento), intensifica-se à tarde e enfraquece ao anoitecer e se dissipa após às 20 horas, quando ocorre a mudança na direção do fluxo.

O aquecimento da Serra do Mar, da origem às correntes ascendentes sobre a encosta que se soma às correntes oriundas da brisa marítima. É comum observar-se as plumas das fontes elevar-se verticalmente e lentamente inclinarem-se para sudoeste seguindo a trajetória das linhas de corrente.

Com o aumento da temperatura, toda a massa de ar é aquecida geralmente após o meio dia, sobre a região e, fornece energia térmica ao transporte das encostas da serra do mar, para o fundo dos Vales do Mogi e do Quilombo. Este transporte de sudoeste para nordeste tem o papel fundamental de levar toda a poluição gerada pelo complexo industrial localizado próximo de Cubatão Residencial para a VP, o VM e o VQ até o topo de todo o sistema de serras que bloqueiam a ventilação a oeste do município.

Geralmente o fluxo da tarde possui uma componente de velocidade mais intensa do que o da manhã e à noite. Logo apesar de haver transporte da poluição das indústrias do setor sul para a VP, ocorre simultaneamente um processo relativo de dispersão. Entretanto, é preciso considerar a forte penetração da brisa marítima no período da tarde que contribui para a formação de uma inversão marinha entre às 13 e às 17 HL. Este fato tem sido observado quase diariamente através da sonda acústica. Conseqüentemente, em determinados dias, o período da tarde na região pode não se caracterizar como excelente para a dispersão dos poluentes, face ao processo de estabilização criado em função da formação de uma inversão marinha de superfície.

Finalizando, pode-se afirmar que o aquecimento solar da face da Serra do Mar, exposta aos raios solares, resulta no desenvolvimento dos ventos anabáticos (correntes ascendentes), facilmente visualizados pelo comportamento das plumas das cha

minés industriais e da brisa marítima. Estes ventos persistem até o por do sol. Porém, devido ao fenômeno da "ilha de calor", que atua fortemente na região, estas correntes ascendentes se mantem até pelo menos às 21 horas aproximadamente, em dias de domínio de anticiclone com pouca nebulosidade.

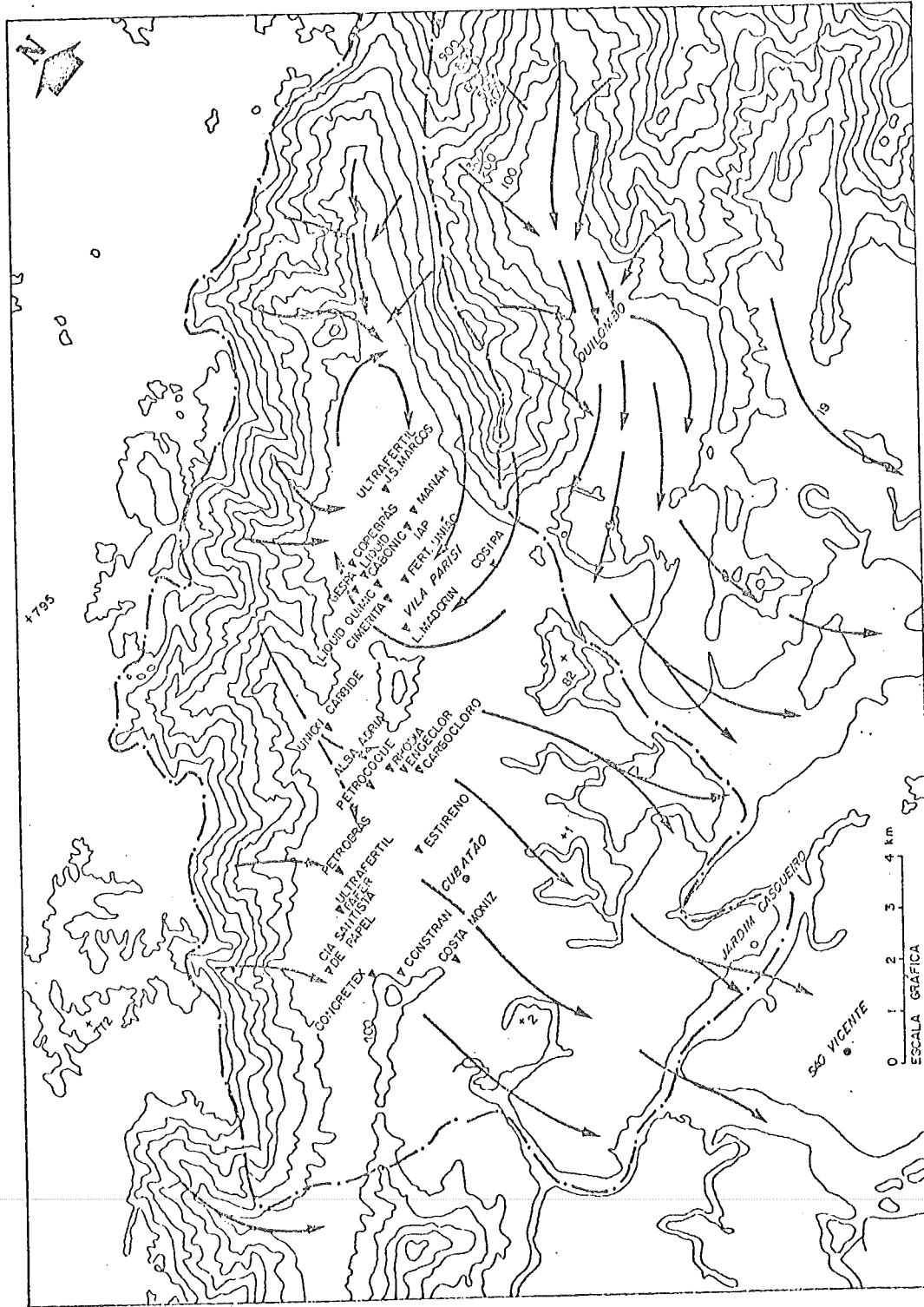


FIGURA 15 - Fluxo do vento entre a Brisa Terrestre e o Vento Catabático (resfriamento da montanha), observado sob condições de anticiclone (alta pressão), durante a noite

5.3. Precipitação

As influências orográficas sobre a precipitação ocorre em diversas partes do mundo, talvez o exemplo mais surpreendente seja o de Cubatão. Enquanto em São Paulo (altitude 802 m) a precipitação anual é da ordem de 1300 mm em Cubatão ultrapassa os 3300 mm, chovendo quase três vezes mais do que na Capital, isto deve-se a influência do movimento vertical.

Existem três mecanismos pelos quais a ascensão forçada pode aumentar a precipitação: o primeiro é através da ocorrência da instabilidade potencial devido ao excesso de calor liberado na região, a chuva é do tipo pancada, isto é, indubitavelmente o caso de Cubatão. O segundo é o aumento forçado na velocidade vertical associado com a penetração brusca dos sistemas frontais. E o terceiro é a convecção induzida pelo aquecimento diurno causado pelas escarpas da Serra do Mar. Este fator deve contribuir sensivelmente para o aumento da precipitação.

Num estudo sobre a influência da montanha na precipitação realizado no Arizona, Fujita et alii (1962), encontrou que na face aquecida da montanha forma-se uma pequena área de baixa pressão, que resulta na aparecimento de convergência horizontal e no aumento do movimento vertical conduzindo à formação de nuvens convectivas e precipitação. Independentemente disso, deve-se considerar a função forçante da "ilha de calor" que contribui extraordinariamente para o funcionamento físico do mecanismo acima.

O conhecimento da precipitação em regiões próximas de montanha particularmente, Cubatão, é desejável pelas seguintes razões:

- a) redução dos perigos de inundação e quedas de barreiras devido a falta de proteção pela cobertura da vegetação, que parece ser o caso de Cubatão;
- b) uso de água disponível para propósitos hidro-elétricos e

agrícola;

c) se conhecer a quantidade de água disponível em regiões industrializadas para se prever com maior precisão o período crítico de altos índices de poluição do ar por falta de precipitação.

Nesta seção é feita uma análise das quantidades de chuva caídas em Cubatão no período de 1925 a 1983, medidas nas estações Saboão (Santos), Usina Henry Borden e caixa 10 todas operadas pela ELETROPAULO, Figura 17.

Utilizou-se também os dados da precipitação da estação de Cubatão residencial com um período médio de 1981 a 1983.

Empregou-se o método de análise da distribuição de frequência simples, tanto para o total da quantidade de chuva como para o número de dias. O ano de 1984 está incompleto, na presente análise, uma vez que a ELETROPAULO não havia concluído o processamento dos dados.

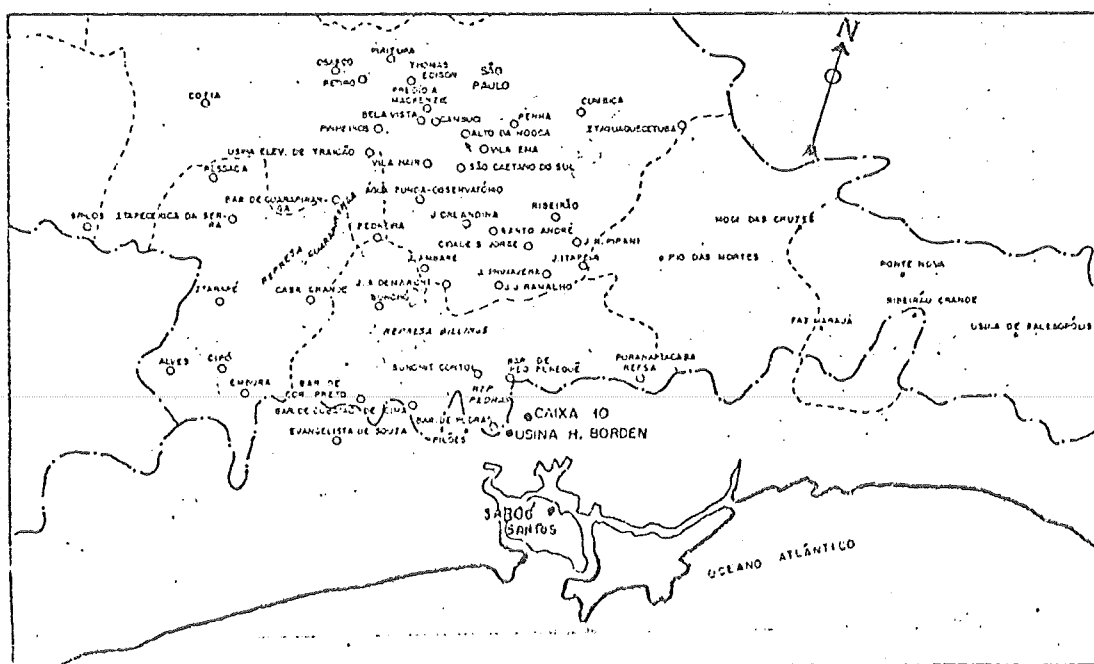


Fig. 17 - Localização dos pontos pluviométricos.

A Figura 18 e a Tabela 7 mostram a distribuição mensal da quantidade da precipitação comparada com os valores normais para cada local de medição.

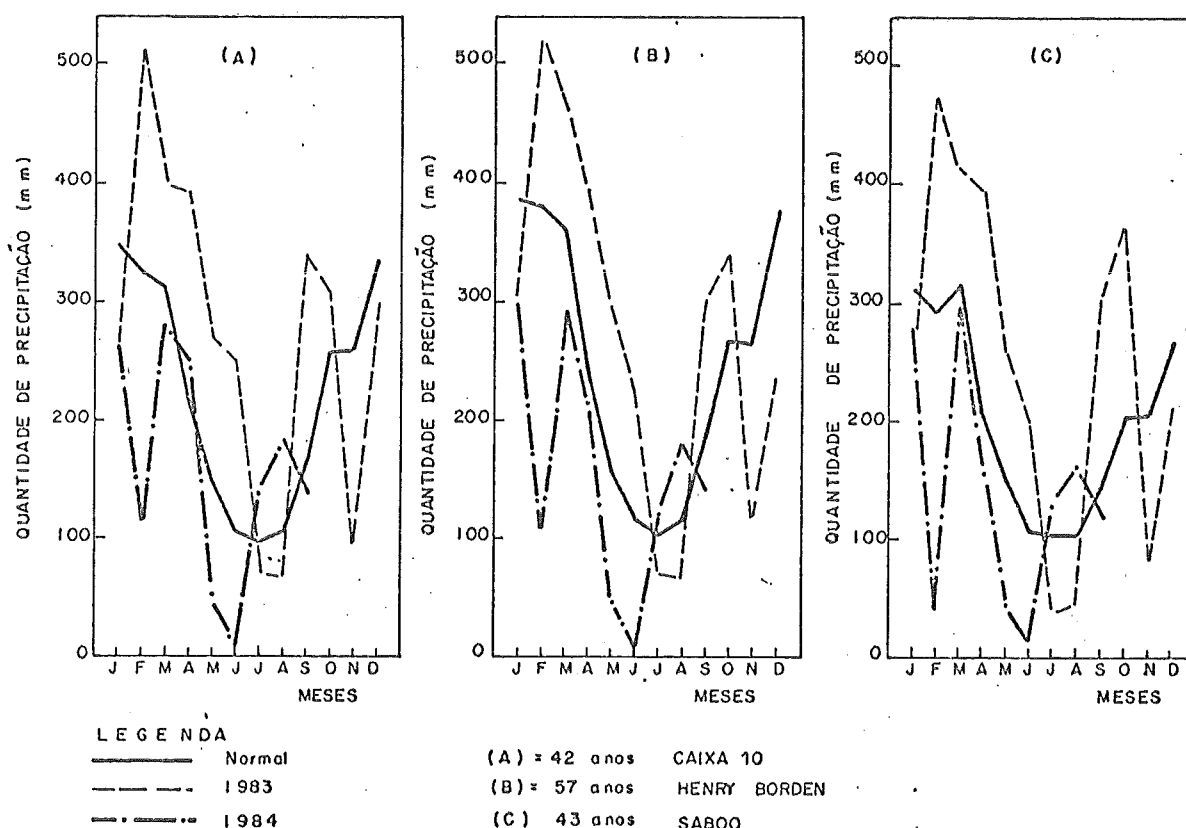


FIGURA 18: DISTRIBUIÇÃO COMPARATIVA MENSAL DA PRECIPITAÇÃO ENTRE 1984 e 1983 COM A NORMAL

Aproximadamente todas as estações possuem uma certa variabilidade semelhante na precipitação, principalmente durante os meses mais quentes do ano.

O valor "normal" da precipitação, em Cubatão e no Saboo (Santos), apresentam totais anuais superiores a 2400 mm. Estes totais chegam a ser três vezes maior que o total da precipitação anual de São Paulo, Figura 19.

Tabela 7 - Distribuição mensal do total da precipitação de 1983 e 1984 comparada com a "normal" das respectivas estações: Caixa 10, Henry Borden e Sabão

Estações	Ano	Mês												Total
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Caixa 10	normal de (42 anos)	348,5	325,6	310,7	219,6	147,6	104,6	96,5	105,1	167,4	257,8	258,1	335,4	2267,8
	1983	239,2	510,8	398,3	391,9	269,4	250,3	69,9	66,9	340,8	307,5	91,1	289,6	3225,7
Henry Borden	1984	264,6	114,1	279,1	249,6	49,6	8,6	142,9	184,0	139,6				
	normal de (56 anos)	385,9	380,1	359,0	244,5	156,6	116,6	103,7	116,5	187,6	266,0	264,1	373,3	2953,9
Sabão	1983	316,5	521,6	469,4	391,9	294,3	225,9	69,9	66,9	300,2	240,4	116,8	232,9	3346,7
	1984	294,2	109,0	295,4	218,1	50,0	5,6	117,4	180,4	140,5				
Sabão	normal de (43 anos)	311,4	294,2	315,3	207,7	149,2	107,1	103,9	103,5	144,8	203,7	205,8	267,7	2414,3
	1983	253,6	471,0	413,4	395,8	262,8	203,4	38,6	45,0	303,8	369,1	78,6	209,7	3044,8
	1984	283,1	40,6	295,7	165,6	49,6	11,7	133,4	161,2	127,8				

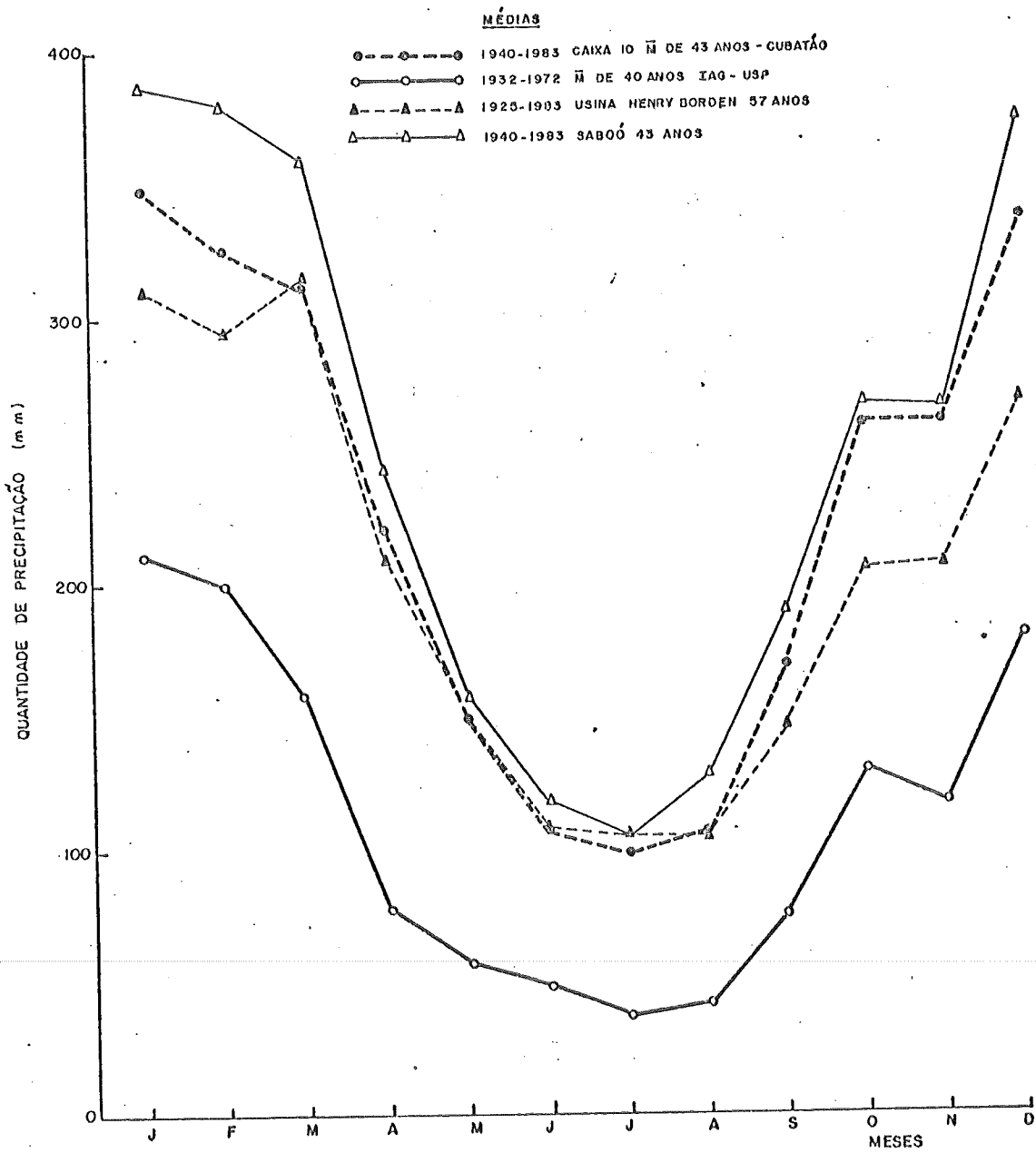


Fig. 19 - Variação mensal da quantidade de precipitação em Cubatão, Santos e São Paulo.

Comparando-se o total de chuva de 1983 com a "normal", observou-se que 1983 se caracterizou como o ano essencialmente chuvoso com totais acima de 500 mm. Este fenômeno não se repetiu em 1984 sendo um ano bastante seco. Portanto, podemos classificar os dois anos em relação à poluição do ar da seguinte forma: em 1983 bastante favorável à dispersão enquanto 1984 foi bem desfavorável à dispersão.

Em 1983 ocorreu um número de dias de chuva acima do valor "normal" esperado, o contrário foi observado em 1984, Figura 20 e a Tabela 8.

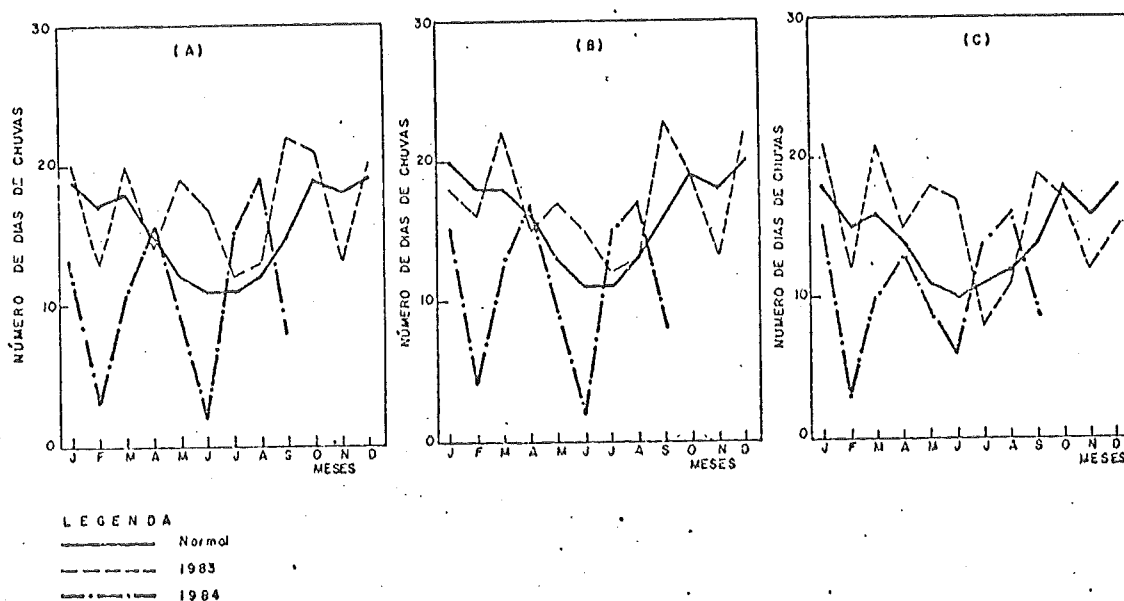


FIGURA 20: DISTRIBUIÇÃO COMPARATIVA MENSAL DO NÚMERO DE DIAS DE CHUVA ENTRE 1984 e 1983 COM A NORMAL. ESTAÇÕES (A) Coixo 10, (B) Henry Borden e (C) Sabodó.

Tabela 8 - Distribuição mensal do número de dias de chuva para 1983 e 1984 comparado com a "normal" das respectivas estações Caixa 10, Henry Borden e Saboão

Estações	Ano	Meses												Total
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Caixa 10	média de (42 anos)	19	17	18	15	12	11	11	12	15	19	18	19	184
	1983	20	13	20	14	19	17	12	13	22	21	13	20	204
	1984	13	3	11	16	9	2	15	19	8				
Henry Borden	média de (56 anos)	20	18	18	16	13	11	11	13	16	19	18	20	195
	1983	18	16	22	17	19	17	12	13	23	19	13	22	211
	1984	15	4	13	17	10	2	15	17	10				
Saboão	média de (43 anos)	18	15	16	14	11	10	11	12	14	18	16	18	173
	1983	21	12	21	15	18	17	8	11	19	17	12	15	186
	1984	15	3	10	13	9	6	14	16	9				

5.3.1. Rosa de chuva

A distribuição da chuva é influenciada diretamente pela direção do vento. Para se ter uma idéia de quais fontes devem contribuir para alterar a composição química da água da chuva no coletor de Cubatão residencial, desenvolveu-se uma associação entre a chuva caída e a direção do vento apresentada pela rosa de chuva ilustrada na Figura 21.

Nesta Figura, identificamos que a maior frequência da quantidade de chuva é função dos ventos de sudoeste e como segunda predominância as chuvas com os ventos do quadrante oeste-noroeste. Portanto, o complexo industrial situado no alinhamento destas direções devem afetar significativamente os receptores a nordeste e a sudoeste do local onde se encontra o pluviôgrafo. Deve-se ressaltar que a rosa de chuva foi elaborada com os dados do pluviôgrafo de Cubatão residencial para um período de três anos de 1981 a 1983.

A faixa da quantidade de chuva 0,0 a 3,0 mm é a que melhor se correlaciona com a direção do vento, visto que à medida que aumenta a intensidade da chuva o vento horizontal assume direções aleatórias. No entanto, para valor menor do que 3,0 mm de precipitação, a chuva é transportada horizontalmente pelo vento, permitindo inclusive tempo necessário para que ocorra reação entre os componentes químicos da água da chuva e os gases e partículas emitidos pelas indústrias.

5.3.2. Influência da poluição na precipitação

Procurou-se aqui desenvolver uma análise da série temporal dos dados de chuva, ao longo do período disponível, a fim de identificar se o desenvolvimento industrial alterou significativamente a quantidade de água precipitada em Cubatão.

Realizou-se então uma análise preliminar de séries temporais, utilizando um pacote estatístico (ESP) do computador Burroughs

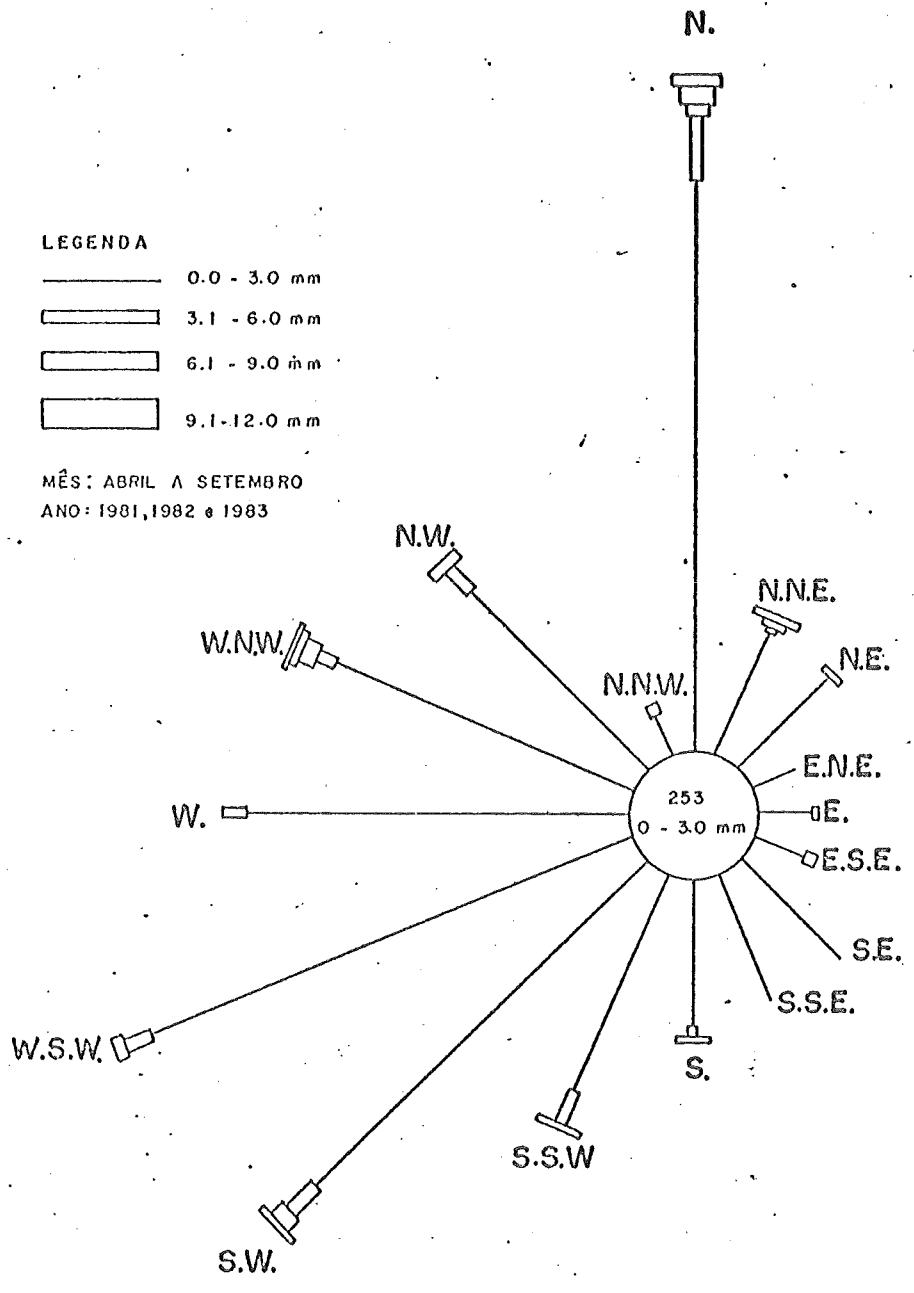


Fig. 21 - Distribuição da quantidade de chuva em função da direção do vento de superfície, em CR.

da USP. Desta análise observou-se uma sazonalidade anual dos dados.

Devido a este comportamento tomou-se cada mês separadamente, considerando-se apenas o número de dias de chuva que a precipitação foi maior ou menor que a média geral.

Em seguida realizou-se testes de independência e homogeneidade e ambos resultaram não significativos. Concluiu-se então que não houve indicação sobre o aumento na precipitação ao longo da série.

Logo a precipitação da região é predominantemente de origem combinada entre a circulação forçada pelos contrastes do oceano, o continente e o relevo da topografia local, ou seja, chuvas de caráter orográfico e devido ao avanço dos sistemas frontais, alimentada pelo fenômeno da brisa marítima.

Após esse resultado foi desenvolvido um modelo de previsão e ajuste da quantidade da precipitação mensal em Cubatão e Santos, cuja a metodologia foi a BOX & JENKINS. O resultado deste estudo deu origem a um trabalho de pesquisa e consta no apêndice deste relatório.

5.4. Modelo matemático de dispersão

A idéia seria desenvolver um modelo de dispersão para Cubatão. No entanto, dada a pouca disponibilidade de tempo, procurou-se à luz da bibliografia disponível selecionar-se um modelo que fosse factível de se adaptar a região de Cubatão. Selecionou-se então, o modelo Valley plenamente aceito pela EPA e adotado oficialmente nos Estados Unidos. O modelo Valley, é um modelo de dispersão gaussiano elaborado para aplicação em local de terreno irregular aceitando simultaneamente diversas fontes, ponto e área. Os receptores devem estar distribuídos de forma circular (o que não se dispõe atualmente em Cubatão). Usa seis categorias de estabilidade e dezesseis direções de

vento. As concentrações obtidas são para médias de 24 horas e anual. A emissão deve ser contínua (este dado ainda não está disponível em Cubatão). Para a subida da pluma usa o modelo de BRIGGS. A altura da pluma é ajustada em função da topografia. Consome tempo de computador razoável.

Historicamente este modelo foi desenvolvido para tentar modelar as metalúrgicas de cobre do oeste dos EUA.

O modelo permite indicar uma camada de mistura limitada porém, não acompanha a topografia.

O modelo supõe que a medida que o terreno sobe a altura da pluma diminui em relação ao receptor, porém não permite que o eixo da pluma fique a menos de 10 m do solo. A pluma passa então a acompanhar o terreno e não necessariamente cumpre a condição de conservação de massa.

Esta é uma descrição resumida do modelo Valley, é bem verdade que existe uma série de outros fatores que dificultam o seu uso de imediato. O fato é que existiam quatro profissionais trabalhando no referido modelo: um engenheiro (viajou para EUA) dois estagiários (solicitaram desligamento da Companhia) e um meteorologista. Devido a ausência quase total de pessoal para trabalhar no referido modelo esta atividade foi totalmente paralizada. Face a importância deste estudo, seria conveniente a sua continuidade para 1985.

5.5. Radar acústico

O radar acústico foi instalado no mês de junho, dentro das dependências do Quartel do Corpo de Bombeiros de Cubatão. Praticamente o aparelho tem sido operado diariamente pelos elementos daquela corporação, e semanalmente um técnico da área de meteorologia, inspeciona o equipamento com relação ao seu funcionamento normal.

O sistema de medição do radar é automático, porém a leitura e interpretação dos dados é totalmente manual, ficando na dependência exclusiva de dois profissionais. Na leitura do diagrama é considerado os seguintes parâmetros: Camada de Inversão Térmica (Tipo, intensidade) e estabilidade atmosférica (forte, fraca e intensa). É evidente que a observação destes parâmetros não é imediata, portanto o trabalho é relativamente lento, uma vez que são mais de 700 horas/mês de observação. Após a leitura dos dados, são passados imediatamente para um sistema de tabelas e elaborados todos os cálculos, necessários para se obter a frequência de ocorrência de cada parâmetro.

Deve-se ressaltar que a atividade de previsão durante a operação Inverno, face aos diversos episódios, consumiu bastante tempo dos profissionais da área de meteorologia. Isto alterou completamente as horas estimadas para o desempenho de todas as tarefas aqui propostas. Portanto, não foi possível se desenvolver uma rotina de leitura dos diagramas do radar, propondo-se então para o primeiro semestre de 1985, o levantamento completo das informações detectadas pela sonda no ano de 1984.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Do presente estudo pode-se concluir que:

1) a pressão atmosférica média anual é da ordem de 1013,2 mb e no período de maio a setembro atinge valores que oscilam entre 1014 a 1018 mb caracterizando o domínio dos anticiclones semiestacionários na região. A temperatura atinge a valores superiores aos da cidade de Santos, caracterizando o domínio da "ilha de calor" o que implica em desconforto térmico, aumento de nebulosidade e o aumento da quantidade de precipitação na área.

2) O vento de superfície é influenciado pela topografia e obedece aos regimes dos sistemas de brisa e da circulação vale - montanha. Durante o dia a direção mais predominante é a de sudoeste e o fluxo de retorno à noite sopra do quadrante norte com uma componente de velocidade fraca. Na região do Vale do Mogi, à noite, o ar frio desce as encostas e circula entre o fundo do Vale e a Vila Parisi. A calmaria média na região é superior a 30%.

3) A luz da bibliografia selecionou-se o modelo Valley para adaptá-lo à região. No entanto, devido à falta de pessoal não foi possível dar continuidade ao estudo, sendo esta atividade totalmente paralizada.

4) O radar acústico apesar de estar operando normalmente, porém o método de leitura e interpretação dos diagramas é manual se revelando como uma tarefa lenta e cansativa. Portanto, não foi possível constar do presente relatório resultados sobre o comportamento das inversões térmicas. Propomos, então que seja realizada esta tarefa durante o ano de 1985.

5) A precipitação é sempre três vezes superior à de São Paulo. O número médio mensal de dias de chuva é superior a 11, o que significa um fator de lavagem e atenuador de alta concentração de poluentes ali existentes. A relação chuva direção do vento esta diretamente associada com os quadrantes nordeste-noroeste e sudoeste.

6) Na atmosfera de Cubatão o fenômeno da "Fumigação", isto é, inversão muito baixa, ocorre com frequência no inverno principalmente nas noites com predominância das classes de estabilidade E, F e G de Pasquill. Contudo, tem se observado que esta situação tem duração média da ordem de três horas entre a madrugada e ao amanhecer. Recomendamos então, o estabelecimento de convênio entre o Instituto Astronômico e Geofísico - USP e a Fundação Educacional de Bauru, para se realizar um estudo conjunto, através de lançamentos de balão piloto e medi

ção da estrutura vertical com o sistema de radiosondagem disponível na Fundação Educacional de Bauru.

No período do inverno, em dias de episódio ocorre um processo de estagnação em toda a estrutura vertical da região, portanto, são através de medições da estrutura vertical que se teria um perfeito conhecimento do aspecto tridimensional da atmosfera local, bem como a trajetória de partículas e gases.

Com isso seria possível se definir os pontos chave onde deve ocorrer danos na vegetação com maior frequência.

Dos produtos deste sub-projeto, obteve-se dois relatórios parciais e dois trabalhos publicados em Congresso a saber:

a) Meteorologia Local - utilizada para definir metas para a operação inverno (relatório interno).

b) Episódio Agudo de Poluição do Ar em Cubatão entre os dias 10 e 11 de agosto de 1984 (relatório interno).

c) Trabalhos apresentados no III Congresso Brasileiro de Meteorologia em Belo Horizonte, MG, 1984.

c.1.) Episódio de poluição do ar em Cubatão devido a ocorrência de condições meteorológicas críticas para dispersão de poluentes, 06.12.1984.

c.2.) Modelos para previsão e ajuste de quantidade de precipitação mensal em Cubatão e Santos - Meteorologia BOX & JENKINS

Além dos trabalhos acima, promoveu-se dois seminários, o primeiro apresentado no dia 23 de março:

"Análise preliminar das Condições Climáticas na Região de Cubatão";


e o segundo, na primeira semana de outubro, sobre o relatório c.1.

Os relatórios parciais e os trabalhos do Congresso, estão ane
xados no apêndice do presente relatório.



Sílvio de Oliveira
Meteorologista
Coordenador do Sub-Projeto

De acordo:



Gabriel Murgel Branco
Gerente de Pesquisa
do Ar e Ruído

7. BIBLIOGRAFIA

1. MUNN, R.E. Descriptive Micrometeorology. Academic Press. New York, 1966. p. 244
2. OLIVEIRA, S. de; & SAGULA, M.A.L. Episódio Agudo de Poluição do Ar em Cubatão Entre os dias 10 e 11 de agosto de 1984. Relatório Interno da GPAR/M/CETESB. Não publicado.
3. ATWATER, M.A. - Thermal Effects of Urbanization and Industrialization in the Boundary Layer: a Numerical Study, Boundary-Layer Meteor. (1) 229-245, 1972.
4. HUFF, F.A. & S.A. CHAUGNON, Jr., Climatological assessment of Urban Effects on Precipitation at St.Louis, J. Appl.Meteor. (11), 823-842, 1972.
5. OLIVEIRA, S.; BRUNI, A.C. & SAGULA, M.A.L.A. Análise do fluxo do vento visando o transporte de poluentes na Região da Grande São Paulo. 12º Congresso ABES - Camboriú - Santa Catarina - 20 a 25/11/83.
6. AB'SÁBER, A.N. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo. XVIII Congresso Internacional de Geografia - Guia de Excursão nº 4, São Paulo, 1959.

8. APÊNDICES

1. Meteorologia Local no Município de Cubatão, pg. 6-05/84 (relatório interno CETESB).
2. Episódio Agudo de Poluição do Ar em Cubatão entre os dias 10 e 11 de agosto de 1984. Relatório interno da CETESB (não publicado) pag. 12.- 08/84.
3. Episódio de Poluição do Ar em Cubatão Devido a Ocorrência de Condições Meteorológicas Críticas para Dispersão de Poluentes. III Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG., 03 a 07/12/84.. pg. 9.
4. Modelos para previsão e ajuste da quantidade de Precipitação Mensal em Cubatão e Santos - Metodologia BOX & JENKINS . III Congresso Brasileiro de Meteorologia . Belo Horizonte, MG de 03 a 07/12/84. pg. 9

APENDICE .1

Meteorologia local no Município de Cubatão pg. 6 - 5/84.
(relatório interno Cetesb).

III.1 METEOROLOGIA LOCAL

O município de Cubatão está localizado entre o oceano e a serra do mar que está disposta no sentido sudoeste (SW) nordeste (NE). A região é submetida continuamente a influência do sistema de brisas marítima e terrestre. Esta disposição topográfica mais a concentração populacional e industrial induz a formação de um microclima local bastante acentuado diferenciado das vizinhanças de Cubatão, principalmente no tocante a dispersão de poluentes.

As condições meteorológicas locais serão analisadas do ponto de vista de estabilidade atmosférica (temperatura), precipitação e vento. A Tabela 1 mostra a distribuição mensal e horária da temperatura média dos meses de janeiro a setembro. Nos meses de maio a setembro entre 20:00 e 09:00 horas ocorrem temperaturas abaixo de 20°C, que estão associadas ao resfriamento radiativo devido a perda de calor para o espaço caracterizando a ocorrência da estabilidade noturna durante cerca de 58% do tempo. Esta situação tende a inibir a turbulência vertical e reduzir o poder diluidor da atmosfera local. Após às 09:00 até às 15:00 horas ocorre um rápido aumento da temperatura, indicando o início da dispersão vertical (condições instáveis) começando a enfraquecer entre 16:00 e 19:00 horas (condições ligeiramente instáveis).

Pela Tabela 2, evidência-se uma estação seca cuja porcentagem mensal em relação ao total médio anual de precipitação, esta entre 6 a 3%, no período compreendido entre abril a setembro. Nos meses mais chuvosos cerca de mais 50% dos dias ocorre precipitação e no inverno chove em média 33% dos dias de cada mês. Sendo a precipitação um elemento depurador do ar atmosférico, durante o inverno na região de Cubatão, esta propriedade de lavagem da atmosfera local reduz para menos da metade comparativamente com as outras es

tações do ano.

A disposição topográfica induz a circulação local do vento de superfície a soprar predominantemente dos quadrantes norte e sul e as direções mais frequentes durante o inverno são:

Cubatão Residencial (maio a agosto/1981/1982)

DIREÇÃO MAIS FREQUENTE	PERÍODO E DURAÇÃO	HORÁRIOS MAIS FREQUENTE	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)
Sulsuldoeste (SSW)	diurno 29% do tempo	das 12:00 às 18:00	1.9
Norte	Noturno 63% do tempo	das 19:00 às 09:00	1.5

Vila Parisi (maio a agosto/1982)

DIREÇÃO MAIS FREQUENTE	PERÍODO E DURAÇÃO	HORÁRIOS MAIS FREQUENTE	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)
Sudoeste (SW)	diurno 31% do tempo	11:00 às 19:00	1.7
Nordeste (NE)	42% do tempo noturno	das 21:00 às 06:00	1.5

Acrescente-se que a frequência das direções do quadrante sul é maior na época do verão decrescendo no inverno quando ocorre um aumento da frequência das direções do quadrante norte.

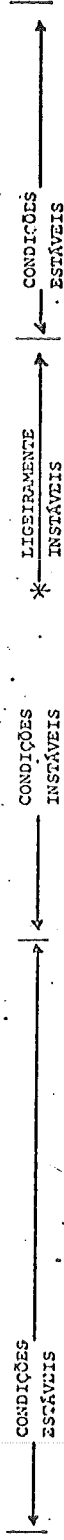
A Tabela 3 mostra a distribuição horária da veloci-

dade média do vento durante o período de maio a agosto (1981 a 1983) de Cubatão Residencial. Verificamos que as velocidades médias superiores a 2 m/s ocorrem entre 12:00 e 16:00 horas representando 21% do tempo. Nos demais horários o vento persiste cerca de 79% do tempo soprando com velocidades inferiores a 2 m/s, caracterizando a predominância das condições estáveis que influenciam bastante o poder diluidor da atmosfera local.

A calmaria (ausência de ventilação) média anual é superior a 30% com desvios relativos de $\pm 3\%$. De maio a agosto observa-se uma variação entre 31 a 37% de calmaria. Contudo, uma análise dos valores extremos da calmaria, mostra que ela pode atingir a valores de 38% (junho/81/82) e 42% (julho/1983). Nos meses de fevereiro a abril há casos em que atingiu até 45%. No entanto o efeito da calmaria, nesta época sobre a dispersão, é atenuado pela presença do elevado índice pluviométrico e o forte aquecimento que induz a dispersão vertical, conforme observamos anteriormente. A calmaria tem seu início ao anoitecer e se intensifica entre a madrugada e ao amanhecer.

TABELA 1. DISTRIBUIÇÃO MENSAL E HORÁRIA DA TEMPERATURA MÉDIA (°C) - ESTAÇÃO DE CUBAÇÃO RESIDENCIAL - PERÍODO DE JANEIRO A SETEMBRO, 1981/1982

MÊSES	HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Janeiro	20°C	23.5	23.0	23.0	24.0	22.5	22.5	23.0	25.5	26.5	27.0	28.0	28.0	28.0	27.5	27.5	26.5	26.5	25.5	25.0	24.5	24.5	24.0	24.0	23.5
	22°C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	26.0	27.5	29.0	30.0	30.0	30.0	29.5	29.5	29.0	28.5	27.5	27.0	26.0	25.0	25.0	25.0	24.0
Fevereiro	20°C	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	24.0	25.5	27.5	28.0	28.5	28.5	27.5	27.5	26.5	26.5	25.5	25.0	24.5	24.0	24.0	24.0	23.5
	22°C	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	21.0	23.5	25.0	25.5	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	25.0	24.0	23.5	22.0	21.0	21.0	21.0	21.0
Março	20°C	19.5	19.0	19.0	18.5	18.5	18.5	18.5	19.5	22.0	24.0	25.0	25.5	26.0	26.0	26.0	25.0	24.5	23.5	23.0	22.0	21.0	21.0	20.0	20.0
	22°C	19.5	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.5	21.5	22.5	24.0	24.5	25.0	25.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.5	20.0	19.0	19.0	19.0
Abril	20°C	17.5	17.5	17.5	17.5	17.0	17.0	17.0	17.5	19.5	21.5	23.0	23.5	24.0	24.0	23.5	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5	
	22°C	18.5	18.0	18.5	18.0	18.5	18.0	18.5	19.0	21.0	22.5	23.5	24.5	24.5	24.5	23.5	23.5	22.5	21.5	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5	
Maio	20°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.5	
	22°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5		
Junho	20°C	18.5	18.0	18.5	18.0	18.5	18.0	18.5	19.0	21.0	22.5	23.5	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.5	
	22°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5		
Julho	20°C	18.5	18.0	18.5	18.0	18.5	18.0	18.5	19.0	21.0	22.5	23.5	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.5	
	22°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5		
Agosto	20°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.5	
	22°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5		
Setembro	20°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.5	
	22°C	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	21.5	22.5	24.0	24.5	24.5	24.5	24.0	23.5	22.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5		



Obs.: Os meses de outubro a dezembro por estarem incompletos, não figuram nesta Tabela

TABELA 2. DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO E DO NÚMERO MÉDIO DE DIAS DE CHUVA. ESTAÇÃO

CAIXA 10, PERÍODO DE 1940 a 1982

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
PRECIPITAÇÃO												
MM	348.5	325.6	310.7	219.6	147.6	104.6	96.5	105.0	167.4	257.8	258.1	335.4
PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DE CHUVA	13	12	12	8	6	4	3	4	6	10	10	13
NÚMERO MÉDIO DE DIAS DE CHUVA	18	15	16	14	11	10	11	12	14	18	16	18

TABELA 3. DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DA VELOCIDADE DO VENTO DE SUPERFÍCIE REFERENTE AO PERÍODO DE MAIO A AGOSTO (1981 a 1983) DA ESTAÇÃO DE CUBATÃO RESIDENCIAL

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1983	1.4	1.7	1.7	1.3	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	1.6	1.2	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.4
1982	1.4	1.6	1.4	1.4	1.5	1.7	1.5	1.4	1.8	1.8	1.7	2.0	2.1	2.3	2.2	2.0	1.6	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1
1981	1.5	1.6	1.5	1.8	1.9	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.7	2.0	2.4	2.5	2.4	2.2	1.7	1.2	1.1	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1
\bar{x}	1.4	1.6	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.9	2.2	2.3	2.2	2.1	1.6	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2
σ	0.06	0.06	0.15	0.2	0.2	0.06	0.15	0.2	0.1	0.12	0.06	0.12	0.21	0.25	0.06	0.06	0.06	0.0	0.06	0.06	0.06	0.23	0.32	0.2

← velocidade > 2.0 →

TABELA 4. DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA CALMÁRIA PERÍODO DE 1981 a 1983 CUBATÃO RESIDENCIAL

ANO \ MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	\bar{x}
1981	30	38	25	28	38	24	26	31	24	25	31	21	
1982	25	33	45	36	38	35	32	34	30	26	25	31	
1983	30	31	27	45	36	42	35	30	33	28	26	24	
\bar{x} (%)	28	34	32	36	37	34	31	32	29	26	27	25	31



— > 30 —

APENDICE .3

Episódio de Poluição do Ar em Cubatão devido a ocorrência de condições meteorológicas críticas para dispersão de poluentes.

III Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG., 3 à 7/12/84.

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DACTILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

EPISÓDIO DE POLUIÇÃO DO AR EM CUBATÃO DEVIDO A OCORRÊNCIA DE
CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS CRÍTICAS PARA DISPERSÃO DE POLUENTES

Silvio de Oliveira 1
Maria Angélica Lopes de Almeida Sagula 1

RESUMO

A região de Cubatão está localizada no Estado de São Paulo, entre o oceano e a serra do mar, onde estão instaladas cerca de 23 indústrias e a maior parte delas se encontram na Vila Parisi. Face às peculiaridades locais da topografia do microclima e da emissão contínua de poluentes, foi estabelecido pelo órgão de controle de poluição "o estado de vigilância permanente", no decorrer da operação inverno. Neste trabalho estudou-se os fatores meteorológicos que ocasionaram o agravamento da qualidade do ar na Vila Parisi, durante três dias não consecutivos do mês de maio de 1984. Deste estudo concluiu-se que a presença de um anticiclone semiestacionário, associado com perene ausência de precipitação, o domínio de ventos fracos sobre a região e ventos fortes ao longo da costa, redundou na decretação de três estados de alerta pelo órgão de controle.

1. INTRODUÇÃO

No município de Cubatão estão instaladas cerca de 23 indústrias, 15 das quais são consideradas de grande porte. Aí se incluem uma siderúrgica, uma refinaria petroquímica, indústrias químicas e de fertilizantes.

Dentro deste quadro existe uma elevada carga de gases e partículas que é lançada diariamente no ar, no solo e nas águas dos principais rios da região.

Tendo em vista às peculiaridades locais da topografia, do microclima e da emissão contínua de contaminantes, foi estabelecido pelo órgão de controle um "estado de vigilância permanente", durante o período da operação inverno.

Durante esta operação é realizado um acompanhamento da variação horária da concentração de poluentes.

Em que pese a constante atuação da área de controle junto as indústrias não foi possível impedir que a concentração de partículas atingisse três vezes o nível de alerta (concentração média de 24 horas, $625 \mu\text{g m}^{-3}$), no mês de maio, devido a ocorrência de condições meteorológicas adversas. Devido a este fato nos propomos a desenvolver uma análise preliminar dos fatores meteorológicos que causaram o agravamento da qualidade do ar do período em estudo.

1) Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB


III CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Cubatão está localizado no Estado de São Paulo, entre o oceano e a serra do mar alinhado no sentido sudoeste-nordeste. A serra do mar no trecho do município, alcança altitudes que atingem a 1000m; sendo que a área urbanizada e industrializada se situa numa planície, onde se encontram alguns morros cujas altitudes em média não ultrapassam 200m, Figura 1.

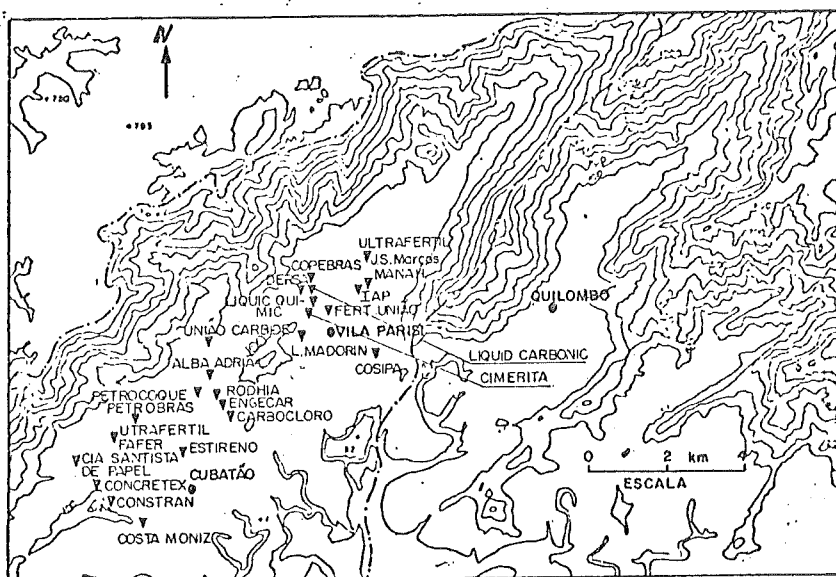
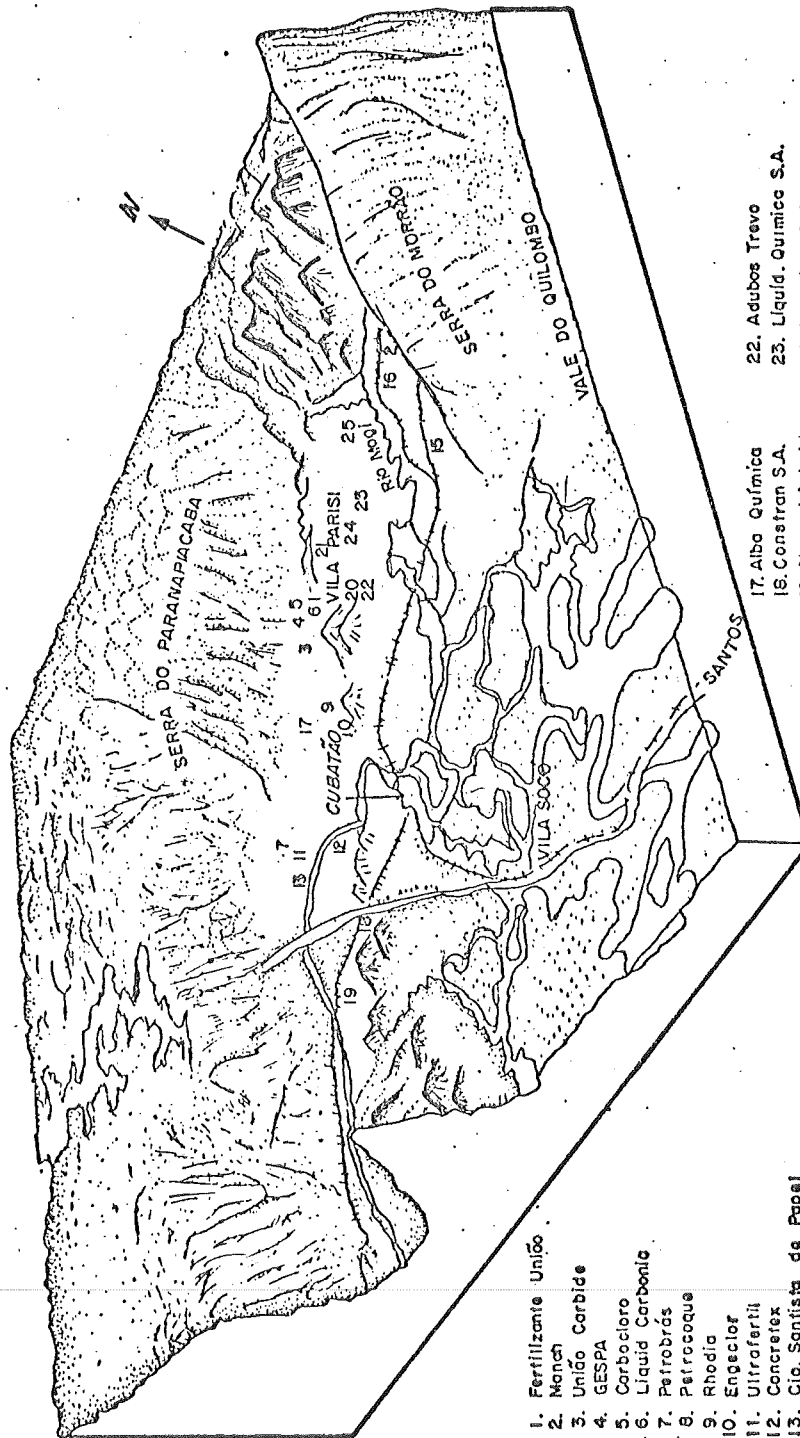


Figura 1- Mapa esquemático da Região de Cubatão mostrando a localização das indústrias

A região está aproximadamente a 50km da Capital e a 14km de Santos, com uma área de 160km² e uma população em torno de 80 mil habitantes.

Como a topografia de Cubatão se apresenta como um sistema quase fechado, que propicia a ocorrência de condições não muito favoráveis à dispersão de poluentes, Figura 2, torna-se necessário a implantação de um programa de redução das emissões em dias críticos, sendo preciso, para assegurar esse fato, um planejamento adequado.

Para tanto foram instaladas três estações fixas de amostragem de medição automática, com transmissão remota para São Paulo nos seguintes pontos: Vila Nova, Cubatão Residencial (CR), na Vila Parisi (VP), e um laboratório volante (LV) no Vale do Mogi (VM). Estas estações consistem de monitores de qualidade do ar e de meteorologia, vide Tabela I.



1. Fertilizante União
2. Mançô Carbide
3. União Carbide
4. GESPA
5. Carbocloro
6. Liquid Carbonia
7. Petrobrás
8. Petrocoque
9. Rhodia
10. Engacior
11. Ultrafertil
12. Concretex
13. Cie. Sanfista de Papel
14. Estireno
15. Cosipa
16. IAP

17. Alca Química
18. Constran S.A.
19. Morresi A. Ind.
20. Cimento Sca.R.
21. Copebras S.A.
22. Adubos Trevo
23. Líquid. Químico S.A.
24. Solarrico S.A.
25. ULTRAFERTIL Fertilizantes

Figura 2 - Topografia do Município de Cubatão, adaptada do Trabalho de Ab-Saber (1)

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

TABELA I - ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DO AR E DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE CUBATÃO, 1984

ESTAÇÕES	METEOROLOGIA				POLUENTES						
	V(m/s)	T(°C)	U(%)	P(mm)	SO ₂	MP	O ₃	CH ₄	CO	NMHC	NO _x
VILA NOVA (23)					X	X	X	-	-	X	-
CUBATÃO RESIDENCIAL (24)	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X
VILA PARISI (25)	X	X		X	X	X	-	-	-	-	-
VALE DO MOGI (LV)	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X

Os dados meteorológicos para a análise sinótica dos centros de ação, durante o episódio, foram fornecidos pelo 7º Distrito Meteorológico do INMET.

3. RESULTADOS

As características topográficas de Cubatão determinam a circulação local, que é diferenciada de toda Baixada Santista. Portanto descreve-se a seguir a influência do efeito mesoclimático sobre a circulação do Município, lembrando que durante o decorrer dos episódios não ocorreu precipitação.

3.1. Circulação do Vento em Cubatão

A Figura 3 (a-c), apresenta as rosas de vento de superfície do Município referente aos três episódios.

Portanto pode-se deduzir que em média o vento possui o seguinte comportamento: em CR, a direção mais predominante é a do quadrante sudeste, ocorre durante o dia caracterizando a influência da brisa marítima.

O fluxo de retorno é o de oeste-sudoeste para noroeste e predomina à noite; Na VP, a direção mais persistente é de sudoeste no período do dia e esta sofre o efeito da Serra do Mar e à noite o fluxo de retorno sopra do quadrante norte com baixas frequências. No VM, o vento de sudoeste sopra para o

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

fundo do Vale e sofre um bloqueio natural do afunilamento provocado pela Serra do Mar e do Quilombo.

À noite devido à posição íngreme da montanha que atua no sentido de drenar o ar, mais frio e denso, do topo para o fundo do Vale e circulando o ar, entre o Vale e a Vila Parisi, OLIVEIRA et. al., (3).

3.2. A Influência da Meteorologia durante os Episódios do Mês de Maio.

No dia 19 de maio, o centro do anticiclone estava sobre o oceano e a crista se estendeu até o Estado de São Paulo, Figura 4a. A região de Cubatão foi submetida a um forte movimento descendente, que intensificou a camada de inversão sobre toda planície do Município e aumentou a concentração de poluentes. Para se visualizar quais as fontes que mais contribuíram para o aumento do particulado na VP, elaborou-se as rosas de poluição, Figura 5a.

Analisando-se a Figura notou-se que as fontes industriais situadas nos quadrantes de noroeste a nordeste, da VP, contribuíram com a maior porcentagem da poeira durante a decretação do "estado de alerta", ilustrado na Figura 6a.

No episódio do dia 26, o anticiclone dominou entre o continente e o oceano, onde a parte oeste do centro do sistema se posicionou na região nordeste do Estado com uma forte influência sobre o litoral. Através da análise de altitude, constatou-se o aprofundamento do anticiclone até o nível dos 500mb. com um eixo quase vertical e o núcleo quente, Figura 4b. Estas características impõem a condição de um sistema quase barotrópico e estacionário, MILLAN (2), PETERSEN (4) VUKOVICH (5).

As rosas de poluição indicam que no dia 25 as fontes localizadas ao norte da VP, foram as que mais contribuíram para o acúmulo da poeira no decorrer do episódio.

Porém nos dias 26 e 27 a maior quantidade da poeira transportada foi resultante da emissão das indústrias instaladas a sudoeste da VP.

No episódio do dia 29, o sistema sinótico dominante foi o de baixa pressão associado a uma frente fria no oceano, localizada entre o Paraná e Santa Catarina, provocando ventos fortes ao longo do litoral paulista.

A elevação dos níveis de poeira foi a partir do dia 28, devido a excessiva calmaria que antecedeu o avanço da baixa pressão para São Paulo. A partir das 13 horas a circulação ciclônica intensificou o vento cujas velocidades médias variaram entre 20 a 29 km/h com rajadas máximas acima de 50 km/h soprando de noroeste.

A passagem da baixa pressão durou quase 13 horas, tempo suficiente para manter a média móvel da concentração de material particulado acima de $625 \mu\text{g.m}^{-3}$, Figura 6c.

Portanto, tivemos um agravamento da qualidade do ar devido a situação anticiclônica associada a uma situação ciclônica com

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

ventos muito fortes que levantaram os poluentes anteriormente sedimentados e a poeira natural do solo. Este fenômeno chegou a causar picos horários de $925\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de poeira em suspensão.

4. CONCLUSÃO

Resumidamente pode-se destacar os fatores básicos que resultaram na ocorrência dos três episódios de poluição na segunda quinzena do mês de maio: Dois Anticiclones semiestacionários e uma situação de transição entre o deslocamento da alta pressão e o avanço da baixa pressão com forte circulação ciclônica sobre São Paulo; A emissão potencial das indústrias que, de acordo com a sua posição geográfica, em relação ao receptor, sempre que o vento soprou obelecendo ao alinhamento indústria/Vila Parisi, a concentração registrou uma subida altamente significativa;

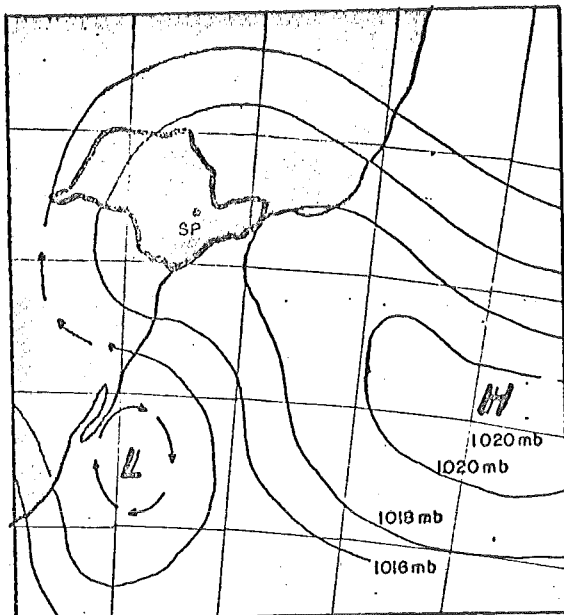
Finalmente, estes episódios confirmam a importância do conhecimento da meteorologia para a sua aplicação no controle da poluição do ar em regiões de topografia irregular.

AGRADECIMENTOS

Os autores externam seus agradecimentos ao técnico Samuel L.C., pela dedicação no processamento e representação gráfica dos dados; à desenhista Marisa Cury, pelo empenho na elaboração das figuras; à Sra. Mara da S. P. pela excelente datilografia; ao Dr. Samuel Murgel Branco, Diretor da Diretoria de Pesquisa da CETESB; pelo apoio; e finalmente a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho.

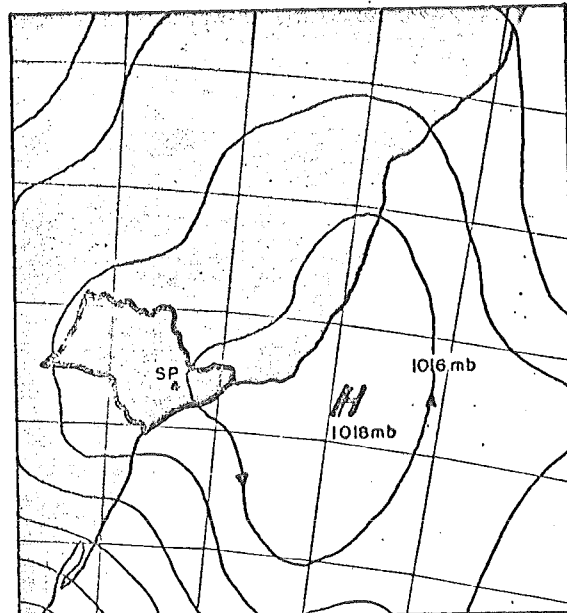
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AB SÁBER, A. N. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo. XVIII Congresso Internacional de Geografia - Guia de Excursão nº 4, São Paulo, 1959.
2. MILLAN M.M.; LUCIO, A.A; JUAN, A.L.; and CARMEN E. A Fumigation Episode In An Industrialized Estuary: Bilbao, November 1981. Atmospheric Environment. 18 (3): 563-572, 1984.
3. OLIVEIRA, S. De, e SAGULA, M.A.L., Episódio Agudo de Poluição do Ar em Cubatão Entre os Dias 10 e 11 de agosto de 1984. Relatório Interno da GPAR-M/CETESB (Relatório Interno não Publicado).
4. PETERSEN, S. Weather Analysis and Forecasting V.I. McGRAW-HILL, New York, 1956.
5. VUKOVICH, F.M. A Note on Air Quality in High Pressure Systems. Atmospheric Environment (13), 1979.



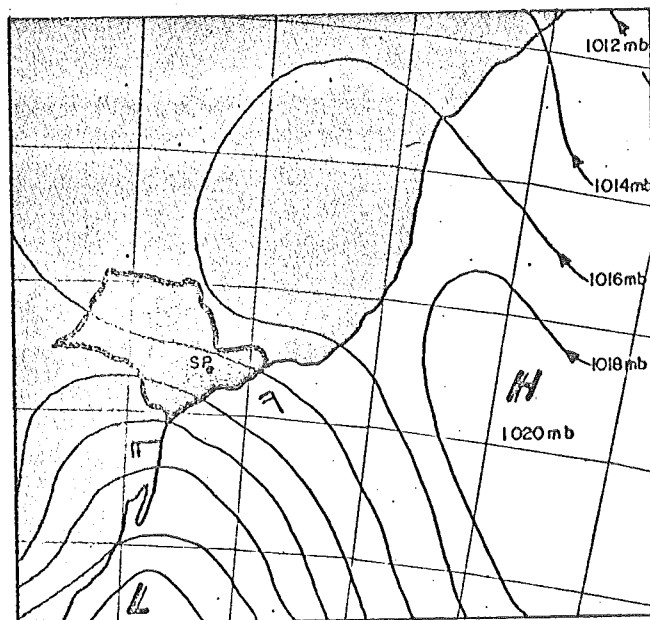
19/05/84 24 H (GMT)

(a)



25/05/84 12 H (GMT)

(b)



29/05/84 12 H (GMT)

(c)

Figura 4 - Mapas sinóticos (12H, GMT) para os dias 19, 25 e 29 de maio/84 mostrando as condições meteorológicas predominantes durante os episódios na Vila Parisi, Cubatão SP.

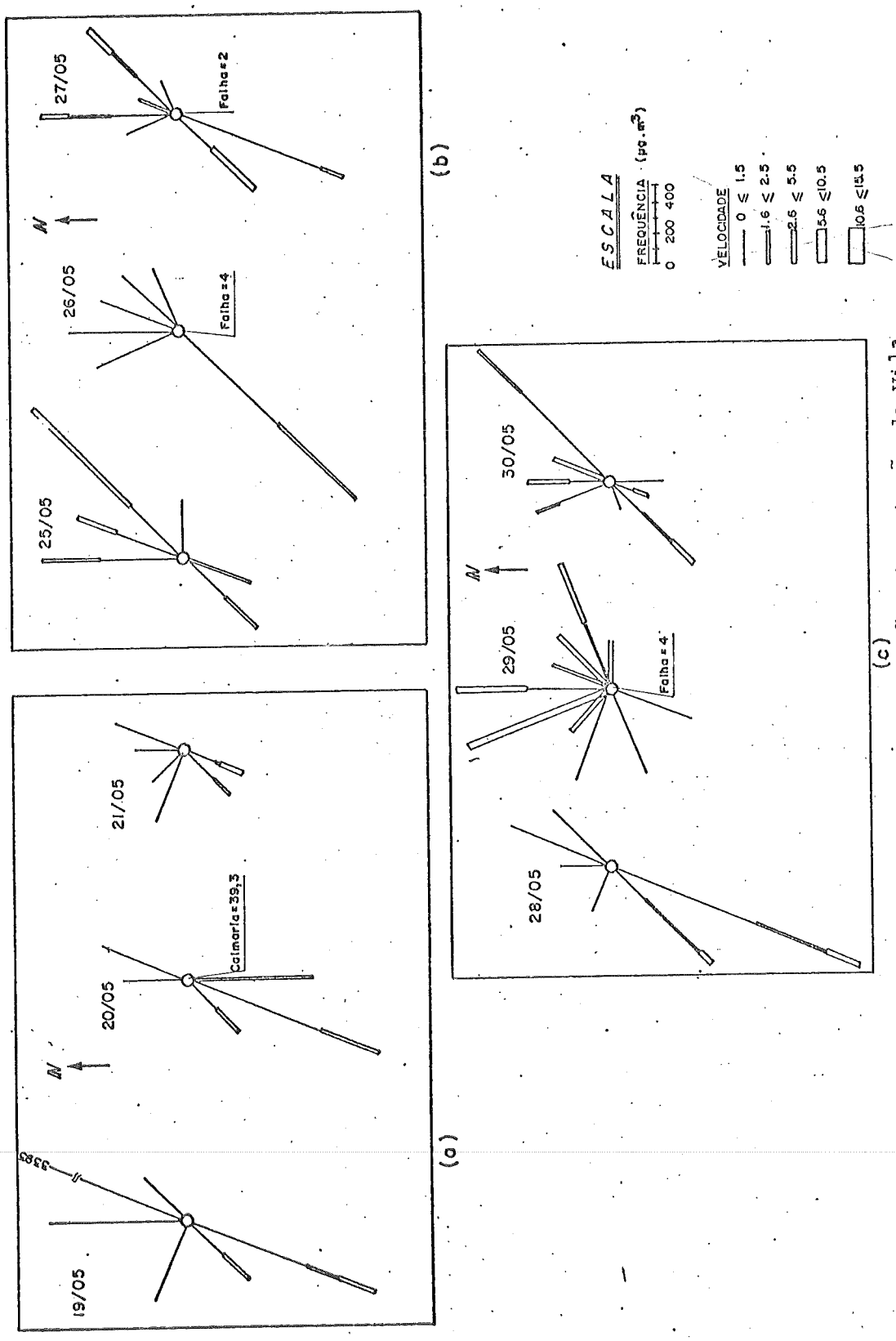
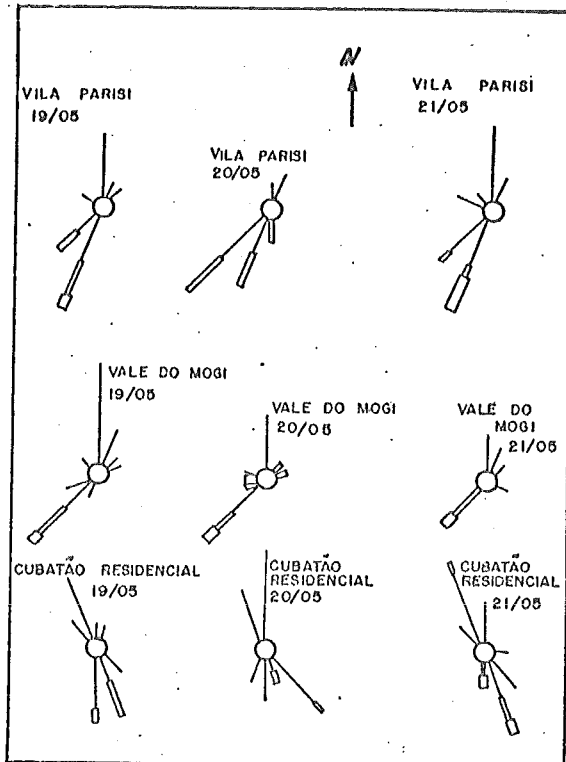
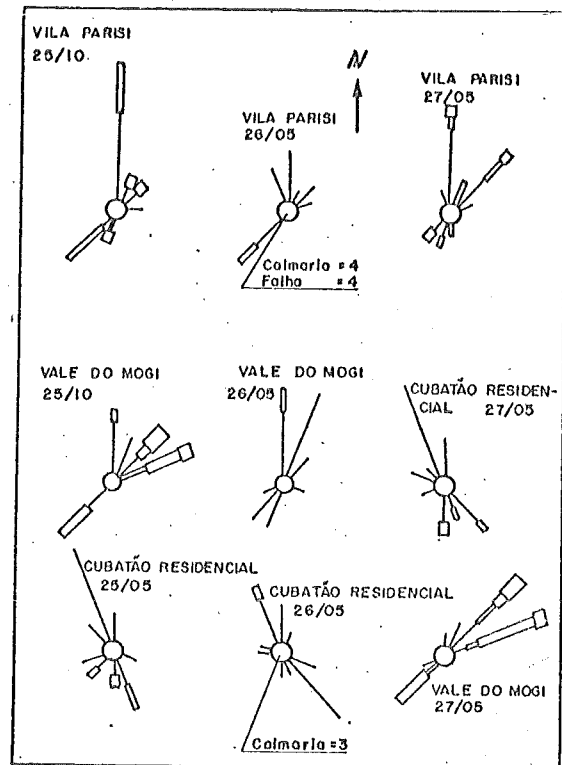


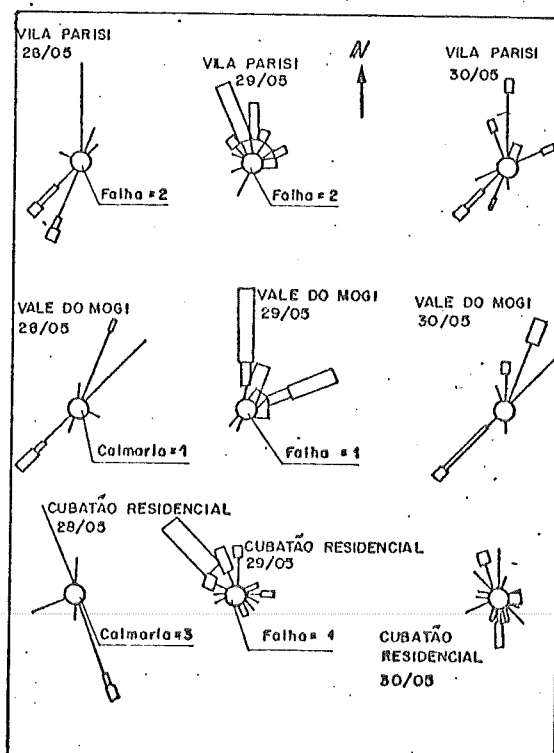
Figura 5 - Rosas de poluição (poeira em suspensão) da estação da Vila Parisi referente aos dias: (a) de 19 a 21; (b) de 25 a 26 e (c) de 28 a 30 de maio/84, SP.



(a)



(b)



(c)

ESCALA
FREQUÊNCIA
 + + + + +
 0 1 2 3 4 5 6

VELOCIDADE
 0 1.5
 1.6 2.3
 2.6 3.5
 5.6 10.5
 10.6 15.9

Figura 3 - Rosas de Vento de Superfície das estações de Cubatão (CR), Vila Parisi (VP) e Vale do Mogi (VM), referente aos dias: (a) de 19 a 21; (b) de 25 a 27; e (c) de 28 a 30 de maio/84, SP.

APENDICE .4

Modelos para Previsão e Ajuste da Quantidade de Precipitação
mensal em Cubatão e Santos - Metodologia Box & Jenkins.

III Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG.

3 à 7/12/84

FORMULÁRIO PARA DACTILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

MODELOS PARA PREVISÃO E AJUSTE DA QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO
MENSAL EM CUBATÃO E SANTOS - METODOLOGIA BOX & JENKINSAntonio de Castro Bruni 1
Elisabeti Kira 2

RESUMO

Para séries de dados de precipitação mensal de três postos pluviométricos, dois em Cubatão e um em Santos, foram ajustados modelos para a previsão de valores futuros destas séries utilizando-se a metodologia proposta por Box & Jenkins.

Para a classe de modelos especificada: Sazonais, Autorregressivos, Integrados e de Médias Móveis - (SARIMA), foram identificados os modelos SARIMA $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$ e SARIMA $(0,0,1) \times (0,1,1)_{12}$. Para cada um dos modelos ajustados foram feitas as verificações da validade dos mesmos quanto ao comportamento dos erros de previsão e estes se mostraram na forma de ruído branco.

O fato de os modelos identificados para os três locais serem os mesmos reflete os fenômenos de macro escala que atuam na região, já a influência dos de micro escala é observada nas diferentes estimativas para os parâmetros de um mesmo modelo para locais diferentes. O Erro Quadrático Médio, EQM, dos modelos SARIMA $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$ para os três locais analisados se apresentaram ligeiramente inferiores aos do SARIMA $(0,0,1) \times (0,1,1)_{12}$ o que indica uma melhor qualidade de previsão utilizando-se este modelo.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho é ajustar um modelo estatístico aos dados de precipitação mensal, para três locais na Região de Cubatão, para que possamos efetuar previsões futuras.

A quantidade mensal de precipitação, em mm, é uma série temporal discreta, univariada e unidimensional, (1) , a qual foi analisada segundo a metodologia de Box & Jenkins com o auxílio do "Econometric Software Package - ESP"

- 1) Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB
- 2) Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILLOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

Para os três locais amostrados, a saber:

- Usina Henry Borden - (USINA -HB);
- Posto Pluviométrico Caixa - 10 - (CAIXA);
- Posto Pluviométrico Saboó - (SABOÓ);

(Veja a localização dos mesmos na figura 1)

possuímos uma série de dados de

684 meses para USINA - HB;

516 meses para CAIXA e

516 meses para SABOÓ

(Estes Postos Pluviométricos são da Eletropaulo)

2. METODOLOGIA ESTATÍSTICA

De posse dos valores acima mencionados da série temporal, ST, iniciamos o processo de ajuste do modelo construindo o gráfico da série com o objetivo de identificarmos a existência de alguma tendência no comportamento desta.

As séries observadas para os três locais não apresentaram uma tendência determinística e apresentaram uma sazonalidade determinística.

2.1. A Metodologia de Box & Jenkins

A metodologia é baseada em um ciclo iterativo, no qual a escolha do modelo é baseada nos próprios dados.

Os estágios do ciclo iterativo são:

- a) ESPECIFICAÇÃO: uma classe geral de modelos é considerada para análise;
- b) IDENTIFICAÇÃO: é feita a identificação de um ou mais modelos com base na análise das auto-correlações e auto-correlações parciais; (1).
- c) ESTIMAÇÃO: os parâmetros dos modelos identificados são estimados;
- d) VERIFICAÇÃO: fazemos a verificação da validade dos modelos ajustados através da análise dos seus resíduos.

A classe de modelos considerada foi a mais genérica possível, isto é, trabalhamos com a classe de modelos SARIMA (Sazonais, Autoregressivos, Integrados e de Médias Móveis); esta nomenclatura é amplamente conhecida e pode ser encontrada, por exemplo, em (1).

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

2.2. Resultados obtidos para cada local analisado

Para as três séries de dados foi preciso efetuar uma diferença sazonal de período 12 meses para obtermos estacionariedade da série resultante, (2)

Foram identificados os modelos SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)₁₂ e SARIMA (0,0,1) x (0,1,1)₁₂ para as séries de dados e seus parâmetros foram então estimados.

Quadro I - Estimativas obtidas para os parâmetros dos modelos identificados e Erros Quadráticos Médios.

Local	Modelos/Parâmetros*	EQM**
Usina Henry-Borden	SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) ₁₂ $\phi_1 = 0.124954$ $\theta_1 = 0.956994$	30.908,93
	SARIMA (0,0,1) x (0,1,1) ₁₂ $\theta_1 = 0.132884$ $\theta_1 = 0.958068$	30.925,12
Caixa 10	SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) ₁₂ $\phi_1 = 0.209646$ $\theta_1 = 0.937769$	34.665,04
	SARIMA (0,0,1) x (0,1,1) ₁₂ $\theta_1 = 0.202218$ $\theta_1 = 0.936125$	35.252,71
Sabão	SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) ₁₂ $\phi_1 = 0.136586$ $\theta_1 = 0.958522$	21.467,45
	SARIMA (0,0,1) x (0,1,1) ₁₂ $\theta_1 = 0.127245$ $\theta_1 = 0.957260$	21.607,84

* Os modelos podem ser escritos na forma:

$$\text{SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)}_{12} \quad Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + Z_{t-12} - \phi_1 Z_{t-13} + a_t - \theta_1 a_{t-12}$$

$$\text{SARIMA (0,0,1) x (0,1,1)}_{12} \quad Z_t = Z_{t-12} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_1 a_{t-12} + \theta_1 \theta_1 a_{t-13}$$

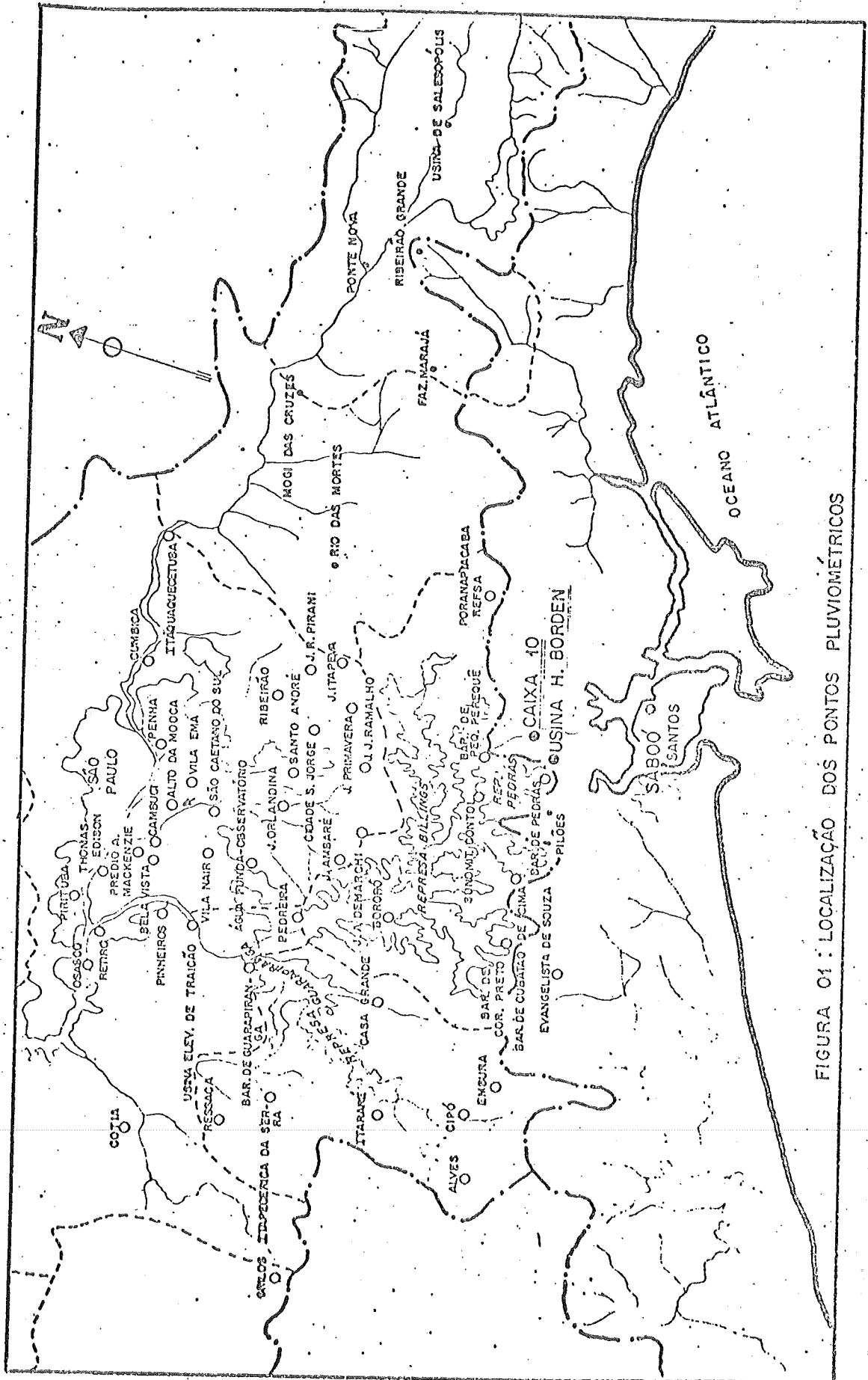
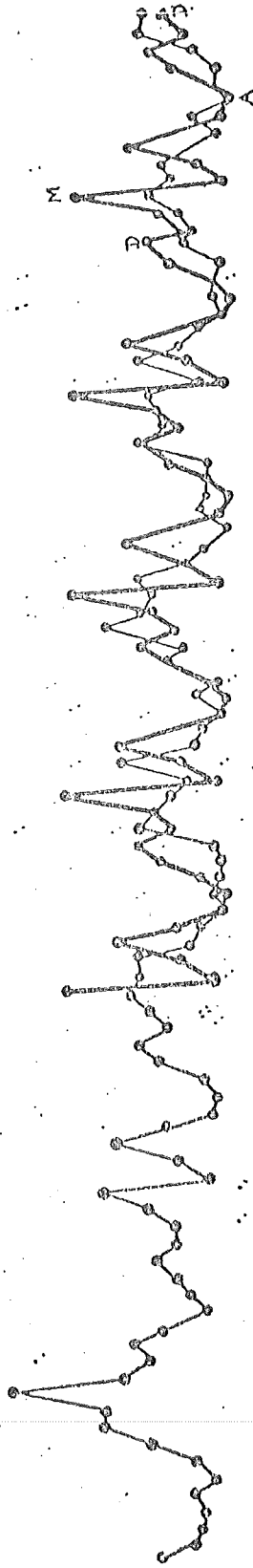


FIGURA 01: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS PLUVIOMÉTRICOS

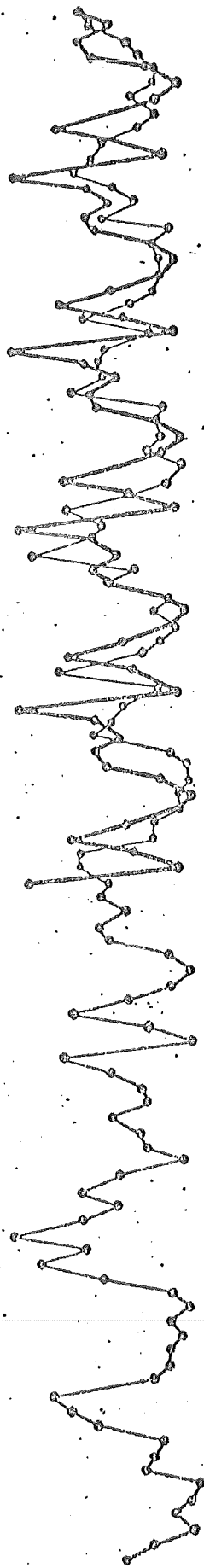


LEGENDA

- SÉRIE PREVISTA PELO MODELO
- SÉRIE OBSERVADA

FIGURA 02: MODELO SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)₁₂

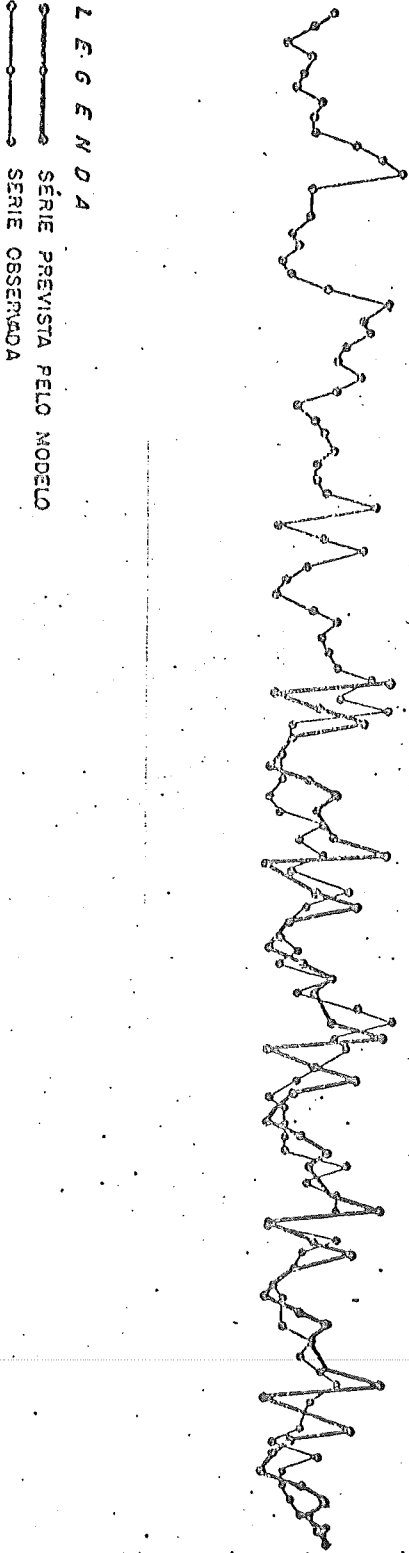
LOCAL : USINA - HB



LE G E N D A
SÉRIE PREVISTA PELO MODELO
SÉRIE OBSERVADA

LOCAL : CAIXA 10

FIGURA 03 : MODELO SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)12



LEGENDA

○ — ○ SÉRIE PREVISTA PELO MODELO

○ — ○ SÉRIE OBSERVADA

FIGURA 04: MODELO SARIMA (1,0,0)x(0,1,1)₁₂

LOCAL: SABOÓ

III CONGRESSO BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

** Calculado com base em previsões para 60 valores de cada série.

Para os modelos obtidos foram feitas as verificações e os resultados observados expomos a seguir.

Foram efetuados testes de autocorrelação residual para os resíduos dos modelos e todos não apresentaram significância estatística, isto é, nenhum apresentou autocorrelação entre os resíduos, (Teste de Box & Pierce).

Foi testada a significância estatística de cada um dos parâmetros do modelo e estes se apresentaram todos significativamente diferentes de zero.

Para verificarmos a qualidade das previsões que os modelos irão nos fornecer, deixamos a priori as últimas 60 observações mensais para fins de comparação com os valores previstos pelos modelos, os resultados apresentamos sob forma gráfica nas figuras 2, 3 e 4, uma medida estatística associada à qualidade dos modelos é o Erro Quadrático Médio, EQM, cujos valores se encontram expostos no Quadro I.

3. CONCLUSÕES

Conforme pode ser observado nas figuras 2, 3 e 4 os modelos ajustados procuram refletir o comportamento estocástico dos valores de cada série temporal, ou seja, as previsões efetuadas pelos modelos procuram refletir o que em média vem acontecendo no decorrer do tempo.

Utilizando o critério de menor Erro Quadrático Médio para a escolha do "melhor modelo", pois, no caso, para os três locais foram ajustados dois modelos e estes foram aceitos na parte de verificação, escolhemos os modelos do tipo SARIMA $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$.

Como para os três locais o "melhor modelo" é um SARIMA $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$, podemos concluir que existe um comportamento sistemático na quantidade de precipitação para os três locais, por outro lado, as estimativas obtidas para os parâmetros destes modelos para os três locais foram diferentes, o que indica a influência de fatores de micro escala alterando o comportamento das quantidades de precipitação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Eletropaulo que gentilmente nos forneceu os dados dos três postos Pluviométricos, à equipe de meteorologia da CETESB e a todos que colaboram na elaboração deste trabalho.

III CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

FORMULÁRIO PARA DATILOGRAFIA DE TRABALHO TÉCNICO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Morettin, P.A e Toloi, C.M.C
 "Modelos para Previsão de Séries Temporais" - 139
 Colóquio Brasileiro de Matemática, Poços de Caldas - MG.
 (1981), 2 Vol.
- (2) Makridakis, S. & Wheelwright, S.C. (1978) - Forecasting
 Methods and Applications, New York, John Wiley & Sons.
- (3) Mood, M.A, Graybill, F.A., Boes, D.C. - Introduction to
 the Theory of Statistics - Third Edition - 1974.

Data Anqui:	10/03/85
Endic:	
Uvzitas:	
Pregr: 45	1.000
Data Tomba:	10/03/85