

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE NORMAS E PADRÕES AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL E PADRÕES
DIVISÃO DE QUALIDADE DO AR
SETOR DE METEOROLOGIA

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HFRM. DE J. S. 246 CEP 05789 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

SUBSÍDIOS PARA UMA CLIMATOLOGIA
DA ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA
NA CIDADE DE SÃO PAULO

CLASS

19650

8403
P248E (RCET)
019650

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Orestes Quércia
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Jorge Wilhelm
Secretário



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DIRETORIA

João Gualberto C. Meneses
Diretor-Presidente

Eduardo San Martín
Diretor de Controle da Poluição

Frederico Pegler Neto
Diretor Administrativo e Financeiro

Laura Maria Regina Tetti
Diretora de Desenvolvimento de Programas e Mobilização

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Octávio Dótoli
Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

TÍTULO: Subsídios para uma Climatologia da Estabilidade Atmosférica na Cidade de São Paulo.

Texto original encontra-se no Setor de Meteorologia - NPQM

CETESB - INSTITUTO DE PESQUISA E MONITORAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

RESUMO:

É elaborada uma análise de dois anos de dados referentes à estabilidade atmosférica de Pasquil para a região da cidade de São Paulo. Pequenas modificações do programa STABIND são efetuadas de modo a facilitar a utilização de grande volume de dados. As observações utilizadas são da FAB, do tipo METAR e os resultados são obtidos hora a hora, para o aeroporto de Congonhas. Análises estatísticas simples também são realizadas de modo a identificar possíveis variações sazonais do parâmetro.

julho/90

RESUMO:

É feita uma análise de dois anos de dados referentes à estabilidade atmosférica de Pasquill para a região da cidade de São Paulo. Pequenas modificações do programa STABIND são efetuadas de modo a facilitar a utilização de grande volume de dados. As observações utilizadas são da FAB do tipo METAR e os resultados são obtidos hora a hora, para o aeroporto de Congonhas. Análises estatísticas simples também são realizadas de modo a identificar possíveis sazonalidades no parâmetro.

CETESB INSTITUTO DE AERONÁUTICA E METEOROLOGIA

SUBSÍDIOS PARA UMA CLIMATOLOGIA DA ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA
NA CIDADE DE SÃO PAULO

INTRODUÇÃO:

As categorias de estabilidade de Pasquill desempenham papel fundamental quando da utilização de modelos de dispersão de poluentes baseados na formulação de pluma gaussiana, conforme já foi ressaltado anteriormente (1). Tendo em vista o suporte climatológico destas aplicações, foi desenvolvida neste trabalho uma tentativa de caracterização da estabilidade atmosférica para nossa região de interesse prioritário, a cidade de São Paulo.

Assim sendo, este trabalho faz parte de uma linha de estudos destinados a evidenciar o papel desta variável meteorológica tanto como elemento de suporte para utilização de modelos numéricos como para o monitoramento constante com vistas a aplicações na rotina de previsão.

Para tal foi desenvolvida uma nova versão do programa STABIND (1) utilizado para o cálculo das categorias de Pasquill. Esta nova versão é adaptada à análise de grande volume de dados com uma entrada facilitada, necessidade fundamental para estudos climatológicos deste tipo.

Os resultados foram divididos em grupos correspondentes às estações do ano, e em seguida submetidos a uma metodologia simples de análise estatística. Este procedimento foi escolhido para que seja possibilitado o acompanhamento desta variável meteorológica procurando evidenciar as influências sazonais por esta recebidas.

FONTES DE DADOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de observação de superfície do tipo METAR, fornecidos hora a hora pela FAB e provenientes de observações realizadas no Aeroporto de Congonhas. As informações usadas na determinação da estabilidade de Pasquill foram a cobertura de nuvens e a velocidade do vento em superfície, além do dia e horário de observação.

O período estudado corresponde aos anos de 1988 e 1989 completos, tendo sido analisado um volume total de 35.040 dados.

O PROGRAMA

As alterações realizadas no programa STABIND para a confecção da nova versão (STABIND2) utilizada neste trabalho não foram de forma alguma essenciais quanto à metodologia por este utilizada para o cálculo. Neste sentido a única alteração realizada foi a adaptação para a entrada da hora de medição, tendo sido utilizado o padrão de Greenwich, igual ao das observações METAR.

De resto foram realizadas alterações quanto à entrada de dados, tendo sido criados arquivos específicos para este fim através de editor em ca-

racteres ASCII não formatado.

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados referentes ao período estudado foram submetidos ao STABIND2 para o cálculo das Categorias de Pasquill, tendo sido em seguida separados por estação do ano.

Desta forma, para cada horário do dia foi obtida uma distribuição de frequências relativas de ocorrência das diversas categorias de estabilidade. Classificadas em grupos correspondentes às estações do ano, originaram as tabelas nos 1 a 4 mostradas a seguir.

Estas distribuições de frequências relativas originaram 24 conjuntos de quatro histogramas cada um, que por sua vez nos permitem acompanhar a evolução sazonal das categorias de estabilidade de forma comparativa. Estes histogramas são mostrados em seguida às tabelas (figuras 1 a 24). Lembramos também que devem ser observadas com especial atenção as escalas destes gráficos uma vez que estas não são fixas.

Tabela 1 - Frequência relativa de ocorrência das categorias de estabilidade, hora a hora.

OUTONO (01:00 h às 12:00 h - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
1	A	0.0	7	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	7.1		D	95.6
	E	21.9		E	0.0
	F	65.0		F	0.0
	falhas	6.0		falhas	4.4
2	A	0.0	8	A	0.0
	B	0.0		B	66.1
	C	0.0		C	29.5
	D	7.1		D	0.0
	E	21.3		E	0.0
	F	69.4		F	0.0
	falhas	3.3		falhas	4.4
3	A	0.0	9	A	6.6
	B	0.0		B	72.1
	C	0.0		C	19.1
	D	4.9		D	0.0
	E	19.7		E	0.0
	F	70.5		F	0.0
	falhas	4.9		falhas	2.2
4	A	0.0	10	A	21.3
	B	0.0		B	59.0
	C	0.0		C	14.2
	D	4.4		D	1.1
	E	18.6		E	0.0
	F	71.0		F	0.0
	falhas	6.0		falhas	4.4
5	A	0.0	11	A	32.8
	B	0.0		B	54.1
	C	0.0		C	9.3
	D	5.5		D	1.6
	E	18.6		E	0.0
	F	71.0		F	0.0
	falhas	4.9		falhas	2.2
6	A	0.0	12	A	42.6
	B	0.0		B	43.2
	C	0.0		C	10.9
	D	9.3		D	1.1
	E	15.8		E	0.0
	F	69.4		F	0.0
	falhas	5.5		falhas	2.2

Tabela 1 (cont.) - OUTONO (13:00 h às 24:00 h. - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
13	A	34.4	19	A	0.0
	B	45.9		B	0.0
	C	15.3		C	0.0
	D	0.5		D	23.0
	E	0.0		E	32.8
	F	0.0		F	38.3
	falhas	7.0		falhas	6.0
14	A	19.7	20	A	0.0
	B	57.9		B	0.0
	C	21.9		C	0.0
	D	2.7		D	21.3
	E	0.0		E	31.1
	F	0.0		F	44.3
	falhas	3.3		falhas	3.3
15	A	2.7	21	A	0.0
	B	55.2		B	0.0
	C	36.1		C	0.0
	D	3.3		D	23.0
	E	0.0		E	29.0
	F	0.0		F	44.8
	falhas	2.7		falhas	3.3
16	A	0.0	22	A	0.0
	B	35.5		B	0.0
	C	56.8		C	0.0
	D	5.5		D	18.6
	E	0.0		E	30.1
	F	0.0		F	48.6
	falhas	2.2		falhas	2.7
17	A	0.0	23	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	97.8		D	12.6
	E	0.0		E	27.3
	F	0.0		F	54.6
	falhas	2.2		falhas	5.5
18	A	0.0	24	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	24.6		D	9.8
	E	42.6		E	28.4
	F	30.6		F	55.7
	falhas	2.2		falhas	6.0

Tabela 2 - Frequência relativa de ocorrência das categorias de estabilidade, hora a hora.

INVERNO (01:00 h às 12:00 h - hora local)

HORA	CATÉ- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATÉ- GORIA	FREQ. REL (%)
1	A	0.0	7	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	10.8		D	94.6
	E	18.4		E	0.0
	F	65.4		F	0.0
	falhas	5.4		falhas	5.4
2	A	0.0	8	A	0.0
	B	0.0		B	56.8
	C	0.0		C	38.9
	D	9.7		D	1.6
	E	13.5		E	0.0
	F	70.3		F	0.0
	falhas	6.5		falhas	2.7
3	A	0.0	9	A	4.3
	B	0.0		B	63.2
	C	0.0		C	26.5
	D	8.1		D	0.5
	E	16.8		E	0.0
	F	67.6		F	0.0
	falhas	7.6		falhas	5.4
4	A	0.0	10	A	27.6
	B	0.0		B	50.8
	C	0.0		C	16.2
	D	5.9		D	0.54
	E	16.2		E	0.0
	F	65.9		F	0.0
	falhas	11.9		falhas	4.9
5	A	0.0	11	A	33.5
	B	0.0		B	47.6
	C	0.0		C	15.7
	D	10.3		D	0.5
	E	18.4		E	0.0
	F	65.4		F	0.0
	falhas	5.9		falhas	2.7
6	A	0.0	12	A	40.5
	B	0.0		B	40.5
	C	0.0		C	15.7
	D	11.9		D	0.5
	E	21.6		E	0.0
	F	60.5		F	0.0
	falhas	5.9		falhas	2.7

Tabela 2 (cont.) - INVERNO (13:00 h às 24:00 h - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
13	A	35.7	19	A	0.0
	B	43.8		B	0.0
	C	14.0		C	0.0
	D	1.6		D	18.4
	E	0.0		E	22.2
	F	0.0		F	53.0
	falhas	4.9		falhas	6.5
14	A	29.2	20	A	0.0
	B	39.5		B	0.0
	C	24.9		C	0.0
	D	2.2		D	15.7
	E	0.0		E	28.1
	F	0.0		F	49.7
	falhas	4.3		falhas	6.5
15	A	5.4	21	A	0.0
	B	57.3		B	0.0
	C	29.2		C	0.0
	D	4.3		D	15.1
	E	0.0		E	24.3
	F	0.0		F	54.0
	falhas	3.8		falhas	6.5
16	A	0.0	22	A	0.0
	B	36.2		B	0.0
	C	52.4		C	0.0
	D	5.4		D	11.9
	E	0.0		E	21.6
	F	0.0		F	61.6
	falhas	5.9		falhas	4.9
17	A	0.0	23	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	96.8		D	9.7
	E	0.0		E	21.1
	F	0.0		F	64.9
	falhas	3.2		falhas	4.3
18	A	0.0	24	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	26.5		D	9.7
	E	28.1		E	20.0
	F	40.0		F	64.3
	falhas	5.4		falhas	5.9

Tabela 3 - Frequência relativa de ocorrência das categorias de estabilidade, hora a hora.

PRIMAVERA (01:00 h às 12:00 h - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
1	A	0.0	7	A	0.0
	B	0.0		B	32.2
	C	0.0		C	58.9
	D	16.1		D	6.7
	E	30.6		E	0.0
	F	46.7		F	0.0
	falhas	6.7		falhas	2.2
2	A	0.0	8	A	2.8
	B	0.0		B	56.1
	C	0.0		C	38.9
	D	15.6		D	0.6
	E	23.9		E	0.0
	F	55.0		F	0.0
	falhas	5.6		falhas	1.67
3	A	0.0	9	A	20.0
	B	0.0		B	55.6
	C	0.0		C	21.7
	D	13.3		D	1.1
	E	23.9		E	0.0
	F	56.1		F	0.0
	falhas	6.7		falhas	1.7
4	A	0.0	10	A	37.8
	B	0.0		B	45.0
	C	0.0		C	15.0
	D	12.2		D	0.0
	E	30.0		E	0.0
	F	52.8		F	0.0
	falhas	5.0		falhas	2.2
5	A	0.0	11	A	42.8
	B	0.0		B	36.7
	C	0.0		C	16.1
	D	10.0		D	1.1
	E	30.0		E	0.0
	F	55.6		F	0.0
	falhas	4.4		falhas	3.3
6	A	0.0	12	A	52.8
	B	0.0		B	30.6
	C	0.0		C	16.1
	D	96.67		D	0.6
	E	0.0		E	0.0
	F	0.0		F	0.0
	falhas	3.3		falhas	0.0

Tabela 3 (cont.) - PRIMAVERA (13:00 h às 24:00 h - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
13	A	40.6	19	A	0.0
	B	38.3		B	0.0
	C	18.3		C	0.0
	D	0.0		D	40.0
	E	0.0		E	28.3
	F	0.0		F	27.2
	falhas	2.8		falhas	4.4
14	A	37.8	20	A	0.0
	B	34.4		B	0.0
	C	24.4		C	0.0
	D	1.7		D	36.1
	E	0.0		E	29.4
	F	0.0		F	30.0
	falhas	1.7		falhas	4.4
15	A	12.8	21	A	0.0
	B	41.7		B	0.0
	C	37.8		C	0.0
	D	5.6		D	30.6
	E	0.0		E	25.0
	F	0.0		F	31.1
	falhas	2.2		falhas	13.3
16	A	0.0	22	A	0.0
	B	36.1		B	0.0
	C	58.9		C	0.0
	D	2.8		D	28.3
	E	0.0		E	30.6
	F	0.0		F	37.2
	falhas	2.2		falhas	3.9
17	A	0.0	23	A	0.0
	B	12.8		B	0.0
	C	71.7		C	0.0
	D	13.9		D	25.6
	E	0.0		E	25.0
	F	0.0		F	44.4
	falhas	1.7		falhas	5.0
18	A	0.0	24	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	95.6		D	22.8
	E	0.0		E	28.3
	F	0.0		F	43.3
	falhas	4.4		falhas	5.6

Tabela 4 - Frequência relativa de ocorrência das categorias de estabilidade, hora a hora.

VERÃO (01:00 h às 12:00 h - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
1	A	0.0	7	A	0.0
	B	0.0		B	61.2
	C	0.0		C	30.9
	D	5.1		D	7.3
	E	23.6		E	0.0
	F	66.3		F	0.0
	falhas	5.1		falhas	0.6
2	A	0.0	8	A	3.4
	B	0.0		B	71.9
	C	0.0		C	24.7
	D	4.5		D	0.6
	E	21.2		E	0.0
	F	69.7		F	0.0
	falhas	3.9		falhas	0.0
3	A	0.0	9	A	14.6
	B	0.0		B	69.1
	C	0.0		C	13.5
	D	1.1		D	1.1
	E	24.2		E	0.0
	F	69.7		F	0.0
	falhas	5.1		falhas	1.6
4	A	0.0	10	A	37.1
	B	0.0		B	53.4
	C	0.0		C	7.3
	D	2.2		D	0.0
	E	20.2		E	0.0
	F	73.6		F	0.0
	falhas	3.9		falhas	2.2
5	A	0.0	11	A	49.4
	B	0.0		B	41.0
	C	0.0		C	6.7
	D	2.2		D	0.6
	E	25.3		E	0.0
	F	69.7		F	0.0
	falhas	2.8		falhas	2.2
6	A	0.0	12	A	59.0
	B	0.0		B	33.7
	C	0.0		C	6.2
	D	96.1		D	0.0
	E	0.0		E	0.0
	F	0.0		F	0.0
	falhas	3.9		falhas	1.1

Tabela 4 (cont.) - VERÃO (13:00 h às 24:00 h - hora local)

HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)	HORA	CATE- GORIA	FREQ. REL (%)
13	A	46.6	19	A	0.0
	B	44.9		B	0.0
	C	5.6		C	0.0
	D	0.0		D	34.3
	E	0.0		E	34.8
	F	0.0		F	29.2
	falhas	2.8		falhas	1.7
14	A	33.1	20	A	0.0
	B	48.9		B	0.0
	C	15.2		C	0.0
	D	1.7		D	27.5
	E	0.0		E	33.7
	F	0.0		F	36.5
	falhas	2.8		falhas	2.2
15	A	7.9	21	A	0.0
	B	49.4		B	0.0
	C	38.2		C	0.0
	D	1.7		D	15.7
	E	0.0		E	36.0
	F	0.0		F	43.3
	falhas	2.8		falhas	5.1
16	A	0.0	22	A	0.0
	B	44.9		B	0.0
	C	38.2		C	0.0
	D	1.7		D	10.7
	E	0.0		E	36.0
	F	0.0		F	50.6
	falhas	2.8		falhas	2.8
17	A	0.0	23	A	0.0
	B	16.3		B	0.0
	C	71.3		C	0.0
	D	11.2		D	6.7
	E	0.0		E	30.9
	F	0.0		F	60.7
	falhas	1.1		falhas	1.7
18	A	0.0	24	A	0.0
	B	0.0		B	0.0
	C	0.0		C	0.0
	D	97.7		D	6.2
	E	0.0		E	27.0
	F	0.0		F	62.9
	falhas	2.2		falhas	3.9

Figura 1 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
01:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

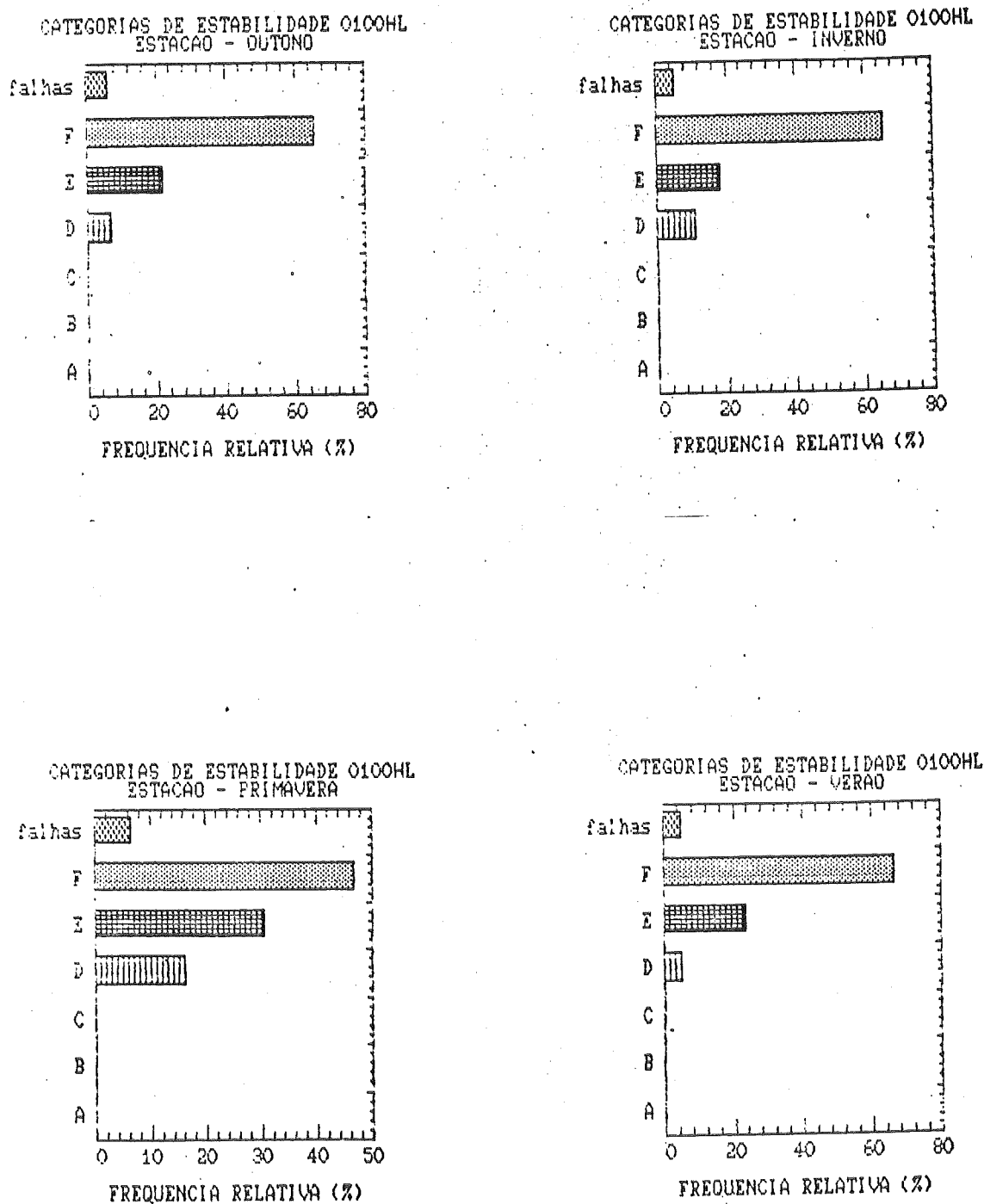
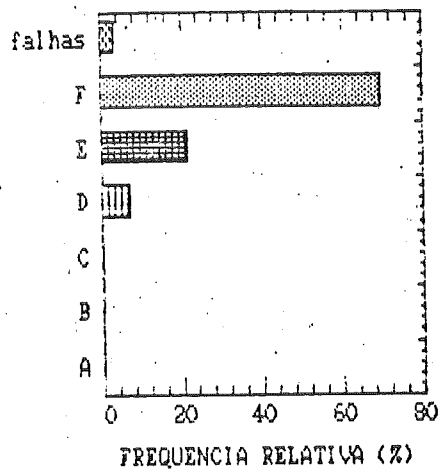
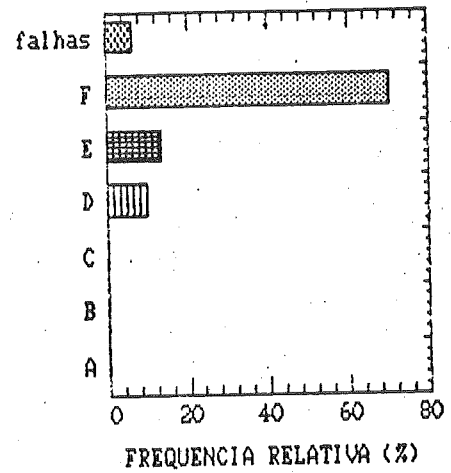


Figura 2 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
02:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

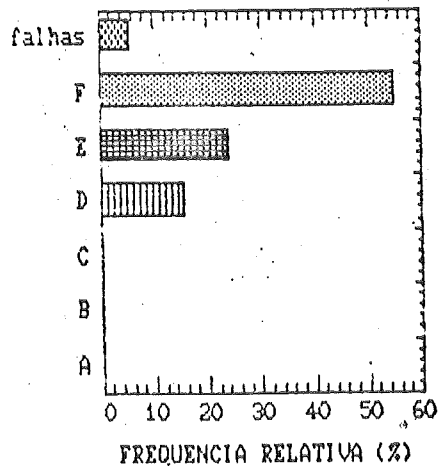
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0200HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0200HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0200HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0200HL
ESTACAO - VERAO

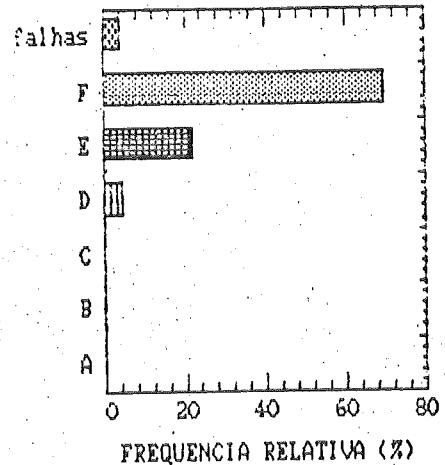


Figura 3 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
03:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

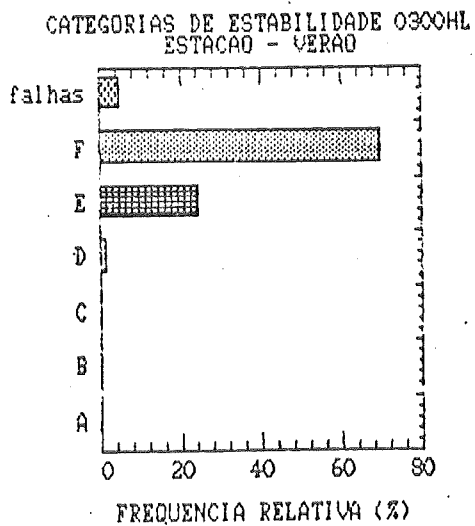
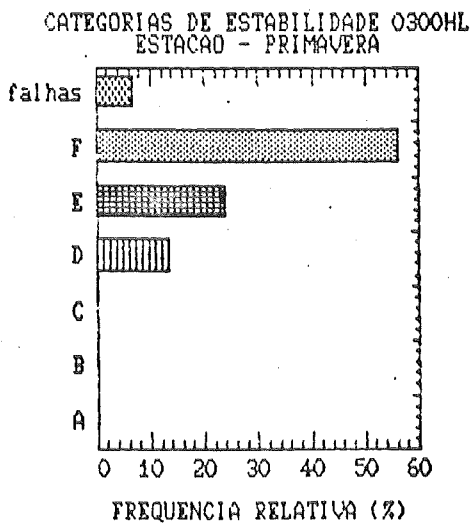
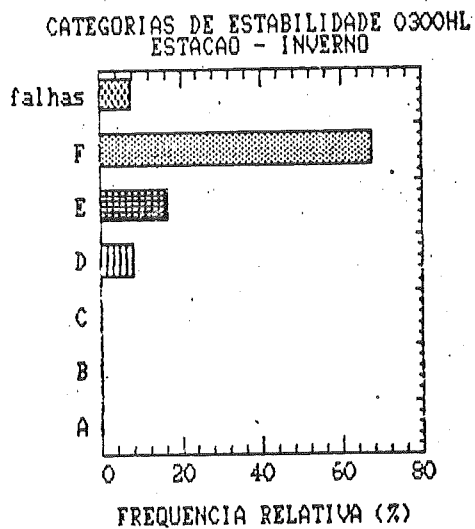
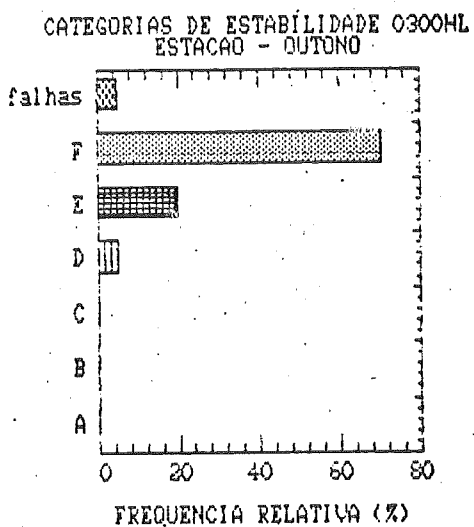


Figura 4 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
04:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

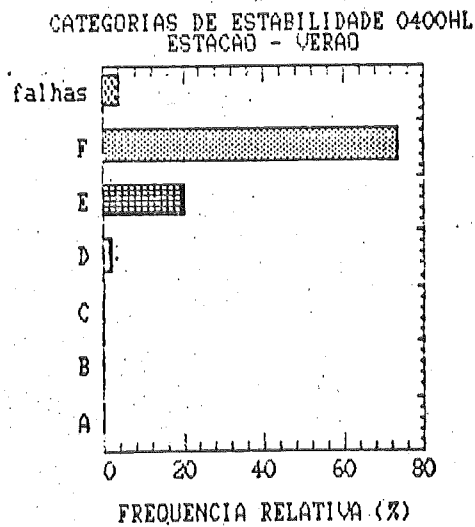
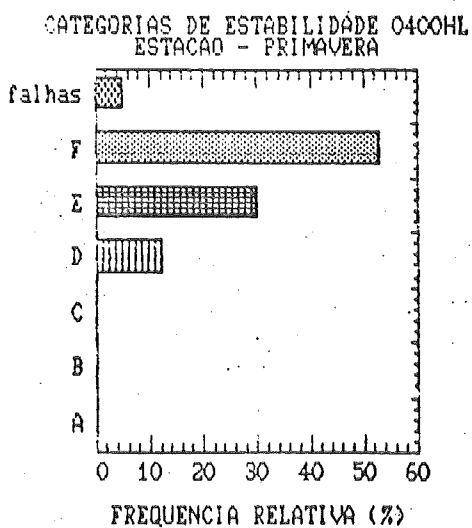
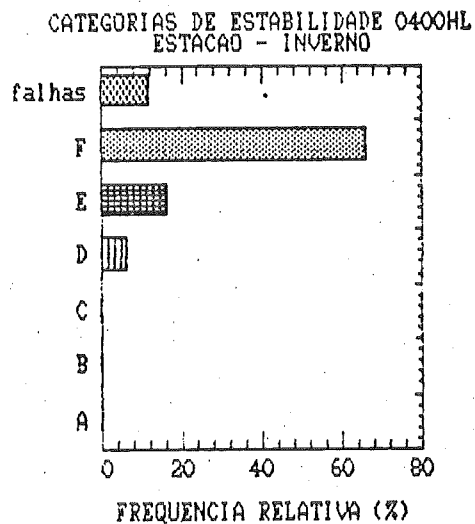
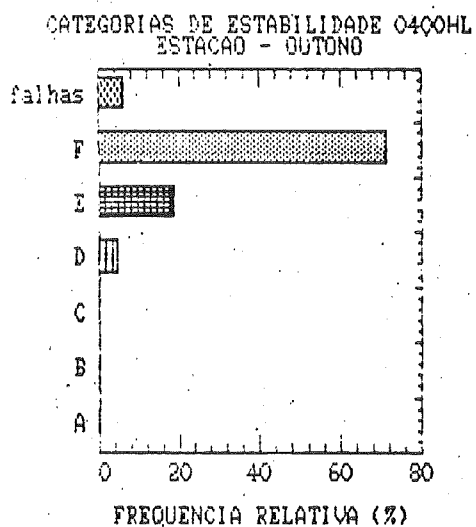


Figura 5 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
05:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

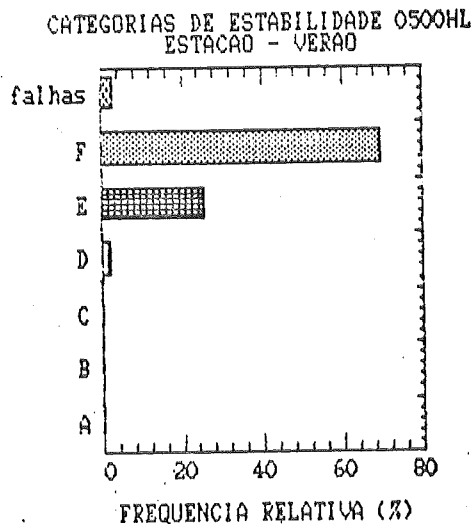
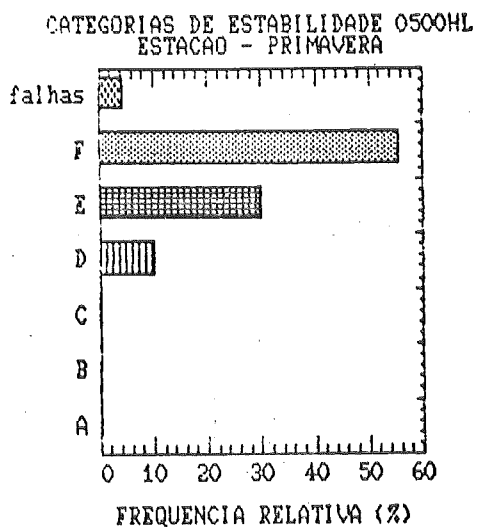
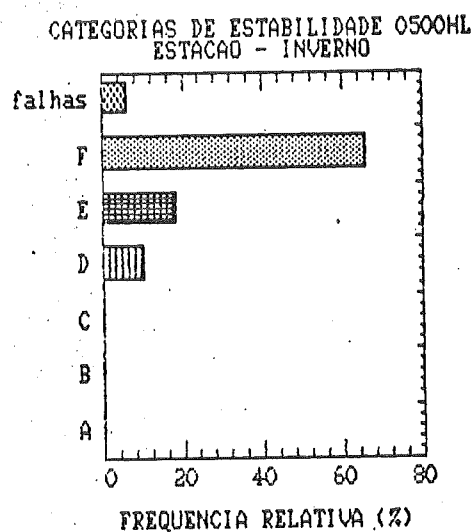
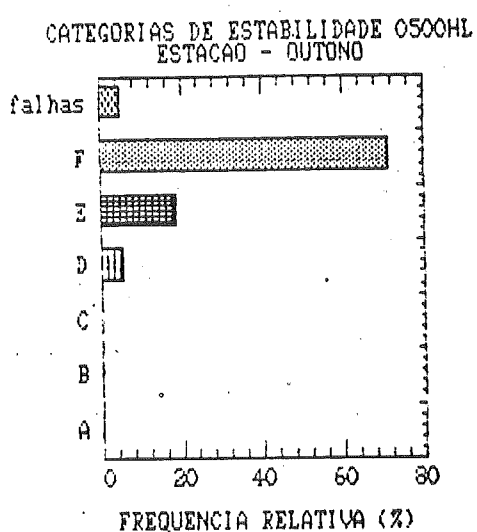


Figura 6 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
06:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

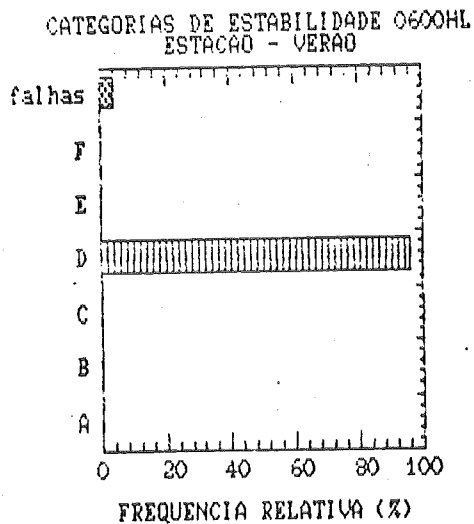
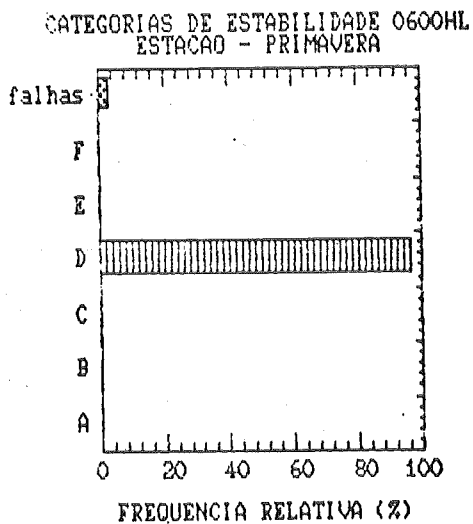
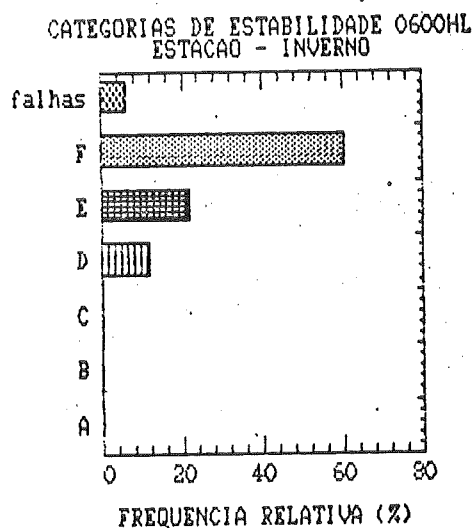
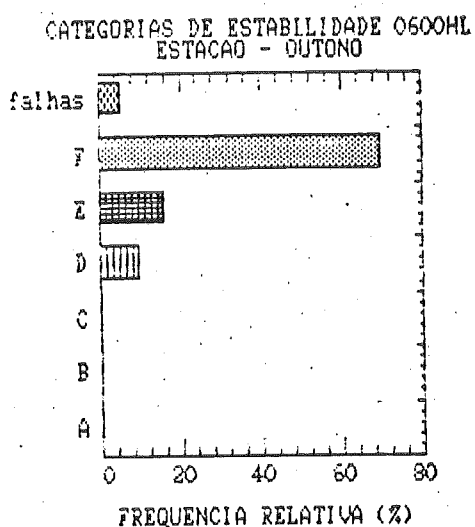
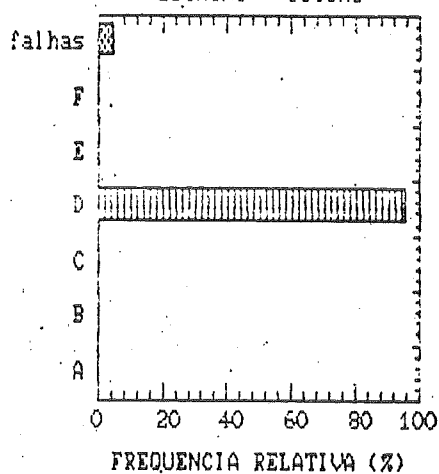
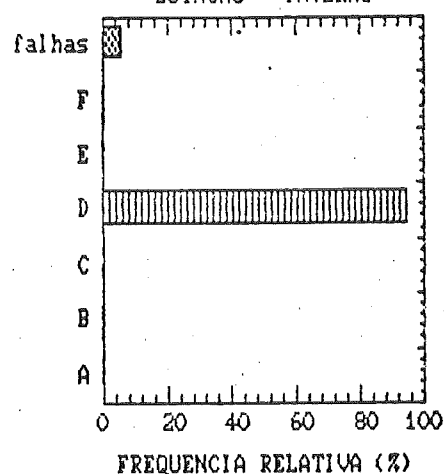


Figura 7 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
07:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

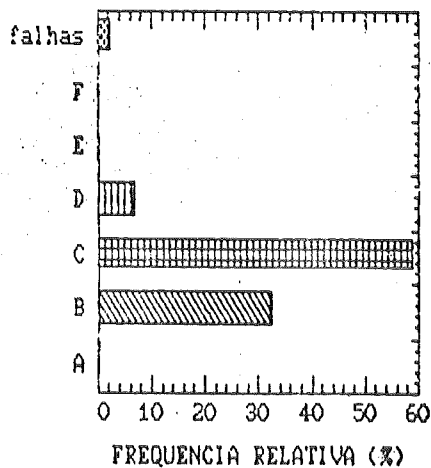
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0700HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0700HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0700HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 0700HL
ESTACAO - VERAO

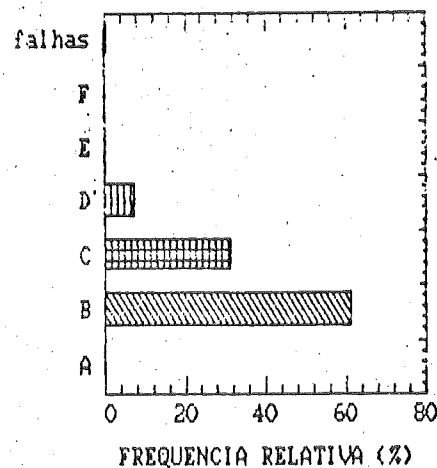


Figura 8 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
08:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

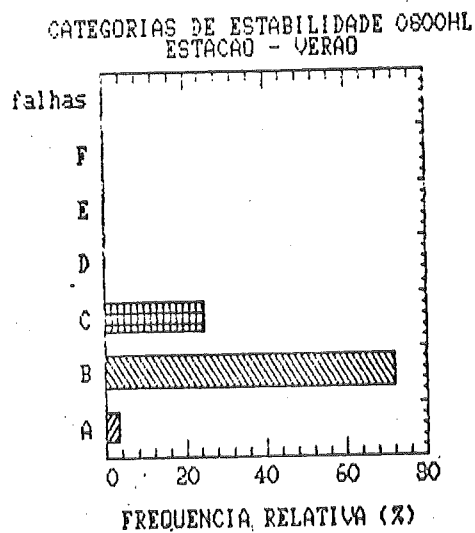
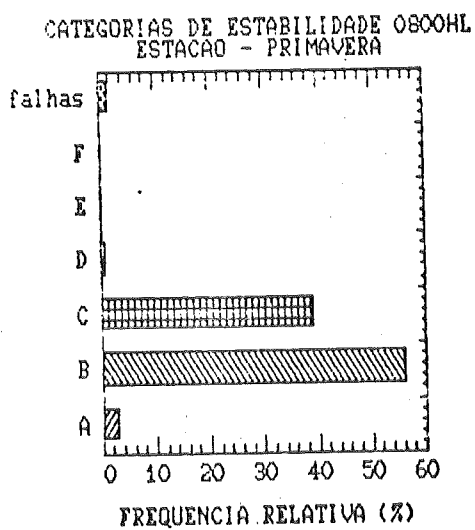
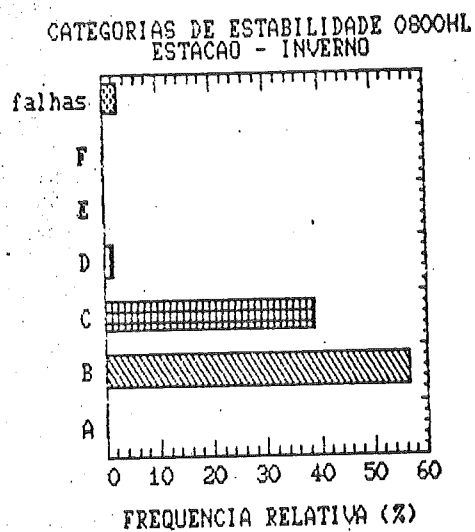
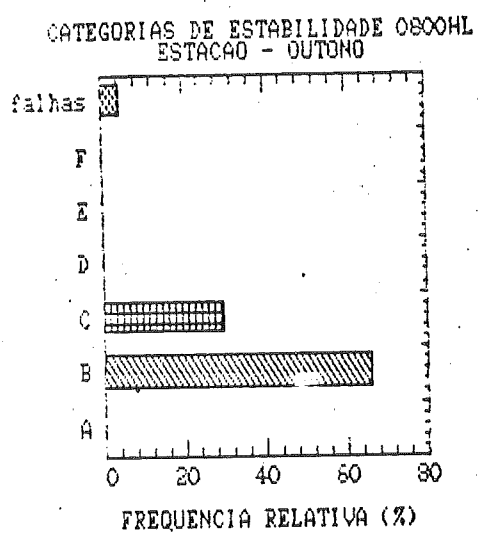


Figura 9 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
09:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

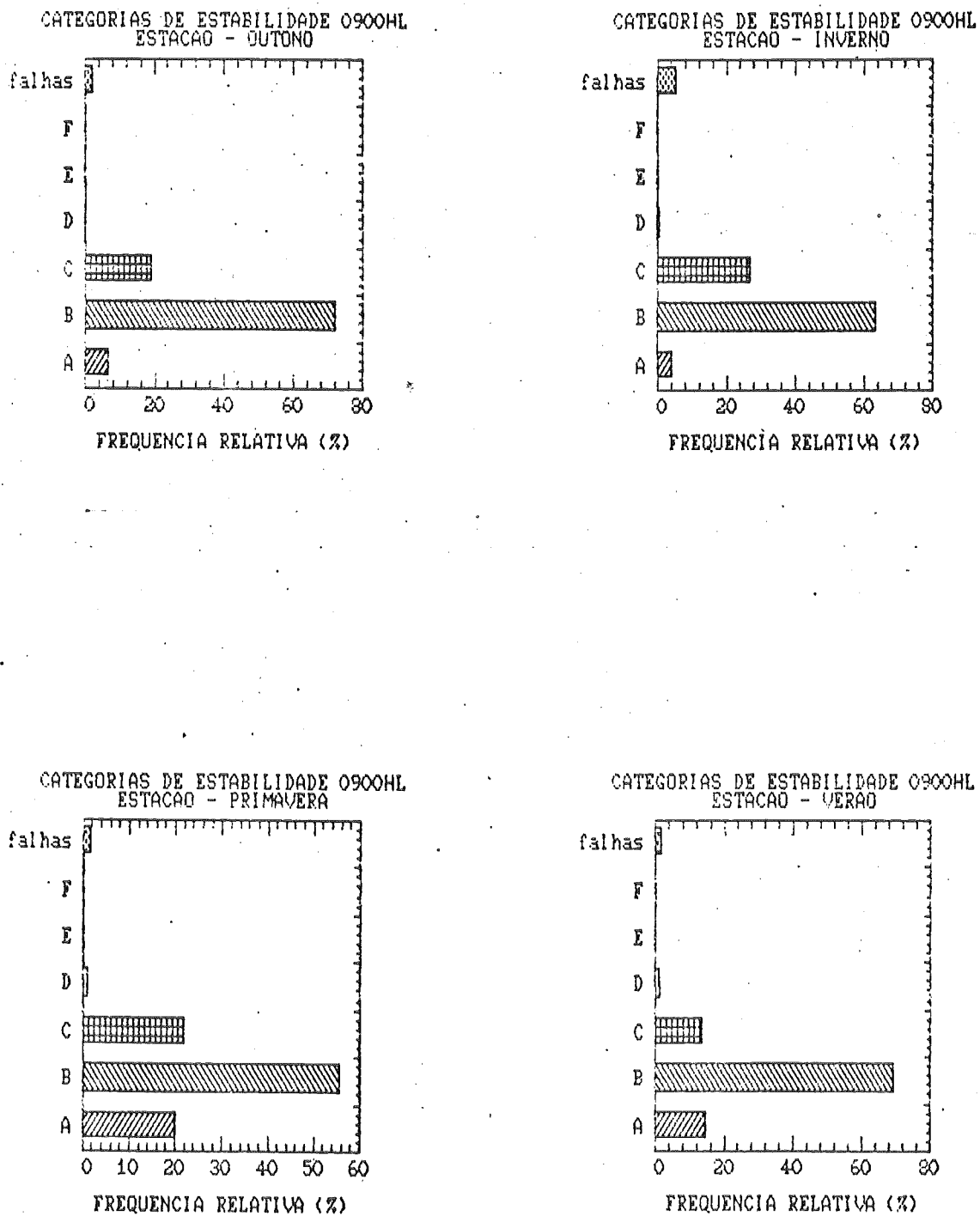
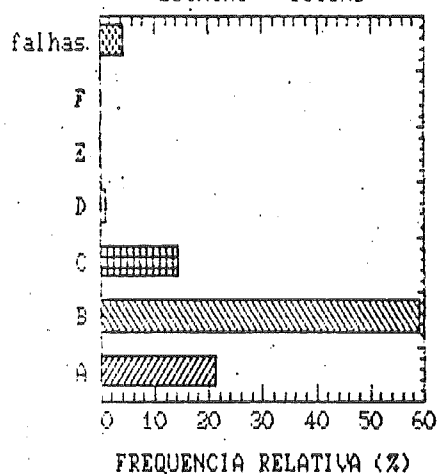
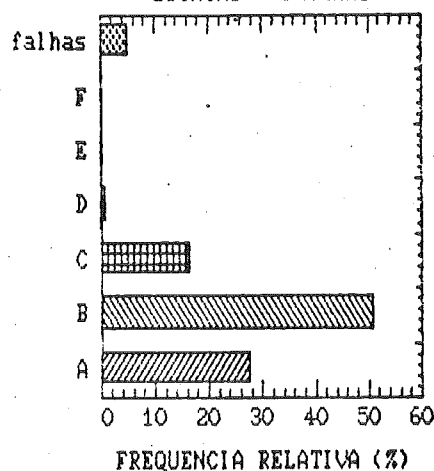


Figura 10 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
10:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

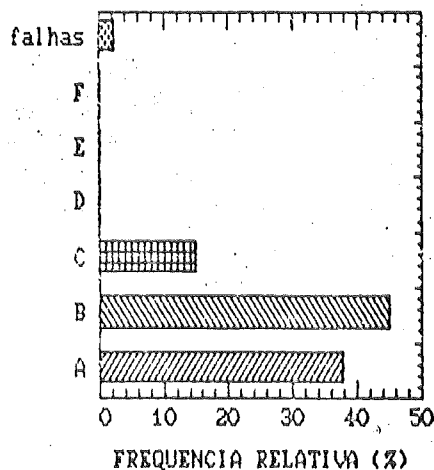
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1000HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1000HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1000HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1000HL
ESTACAO - VERAO

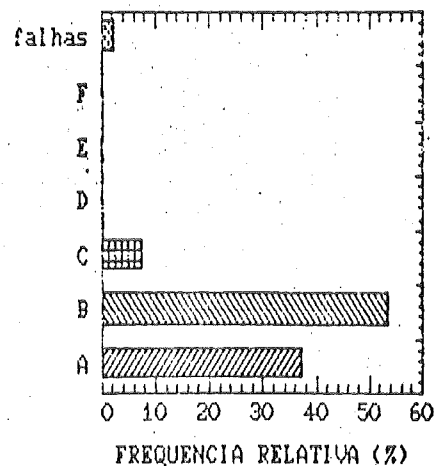
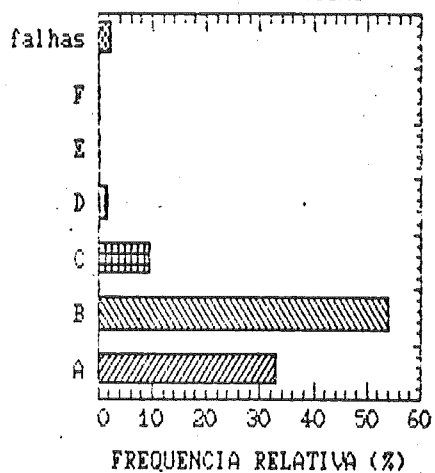
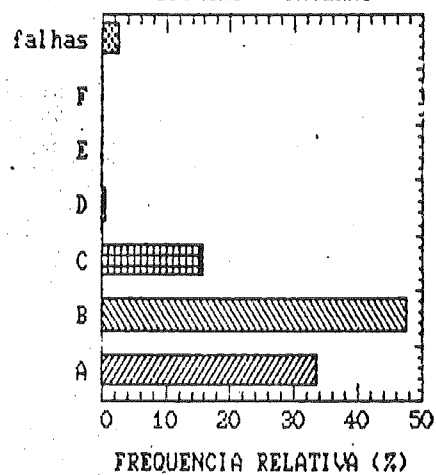


Figura 11 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
11:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

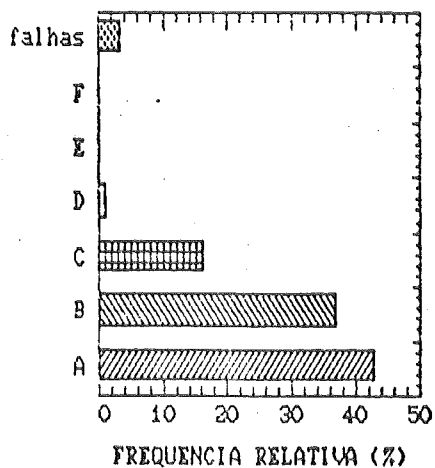
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1100HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1100HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1100HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1100HL
ESTACAO - VERAO

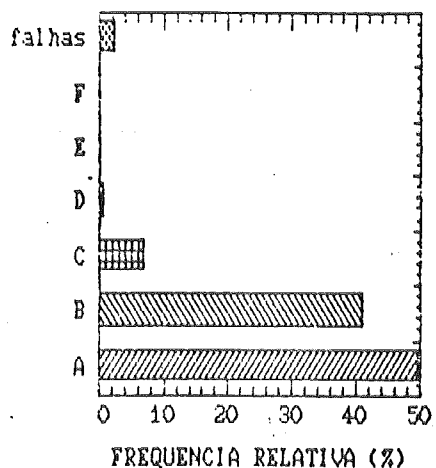
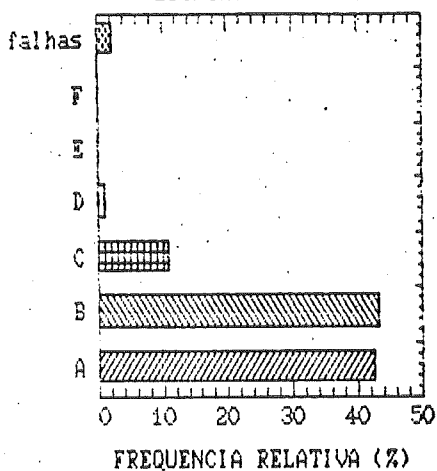
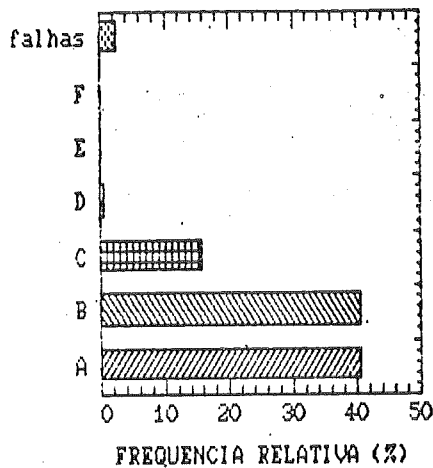


Figura 12 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
12:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

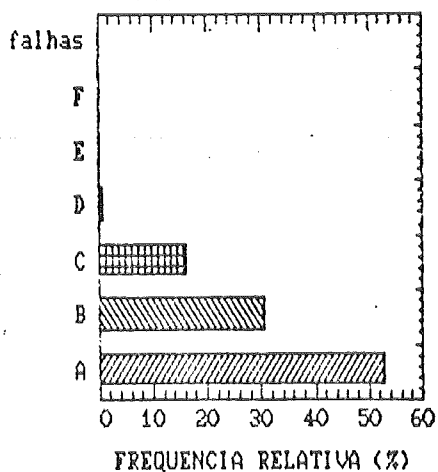
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1200HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1200HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1200HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1200HL
ESTACAO - VERAO

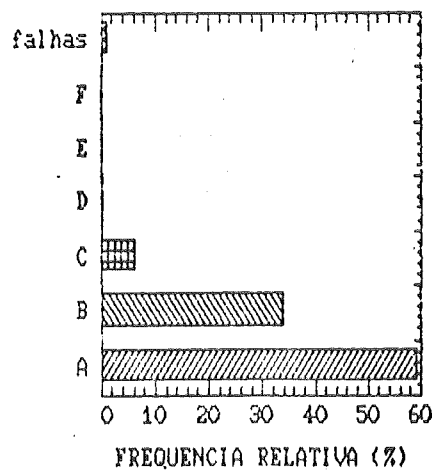
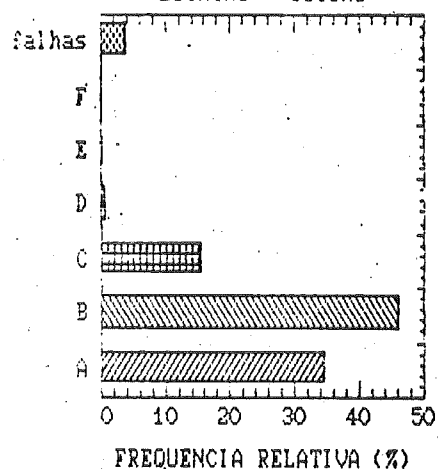
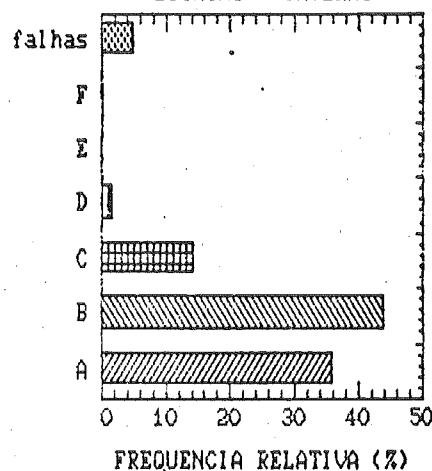


Figura 13 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
13:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

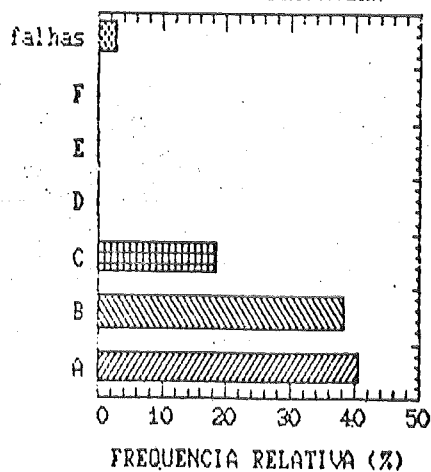
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1300HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1300HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1300HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1300HL
ESTACAO - VERAO

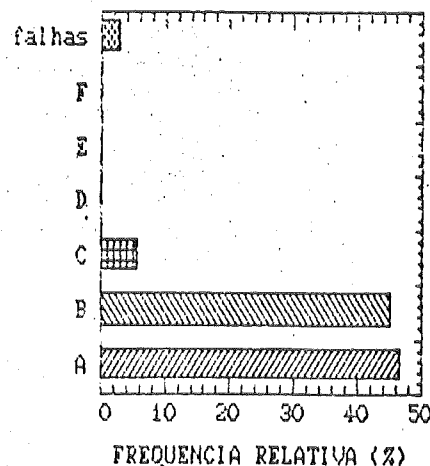


Figura 14 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
14:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

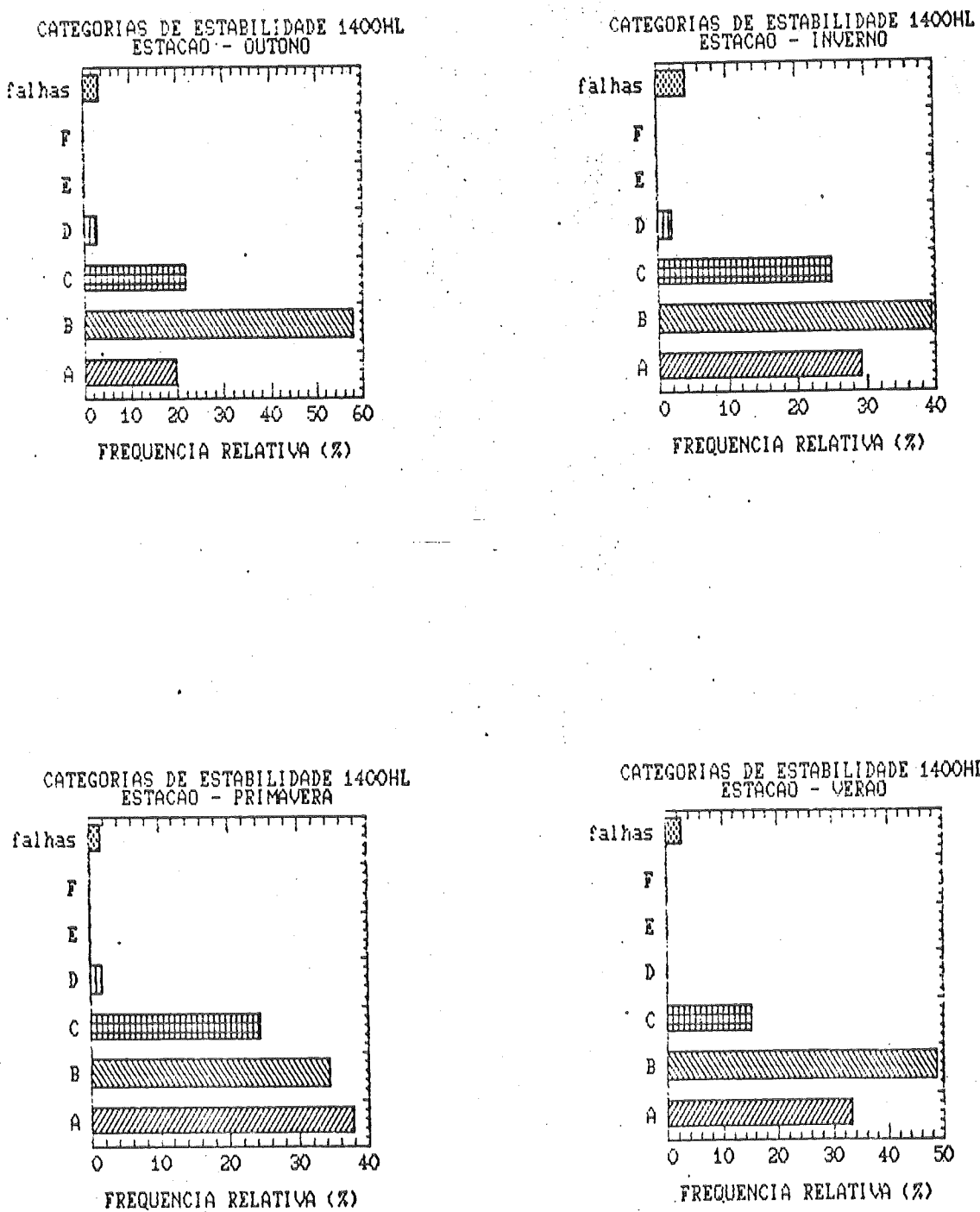


Figura 15 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
15:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

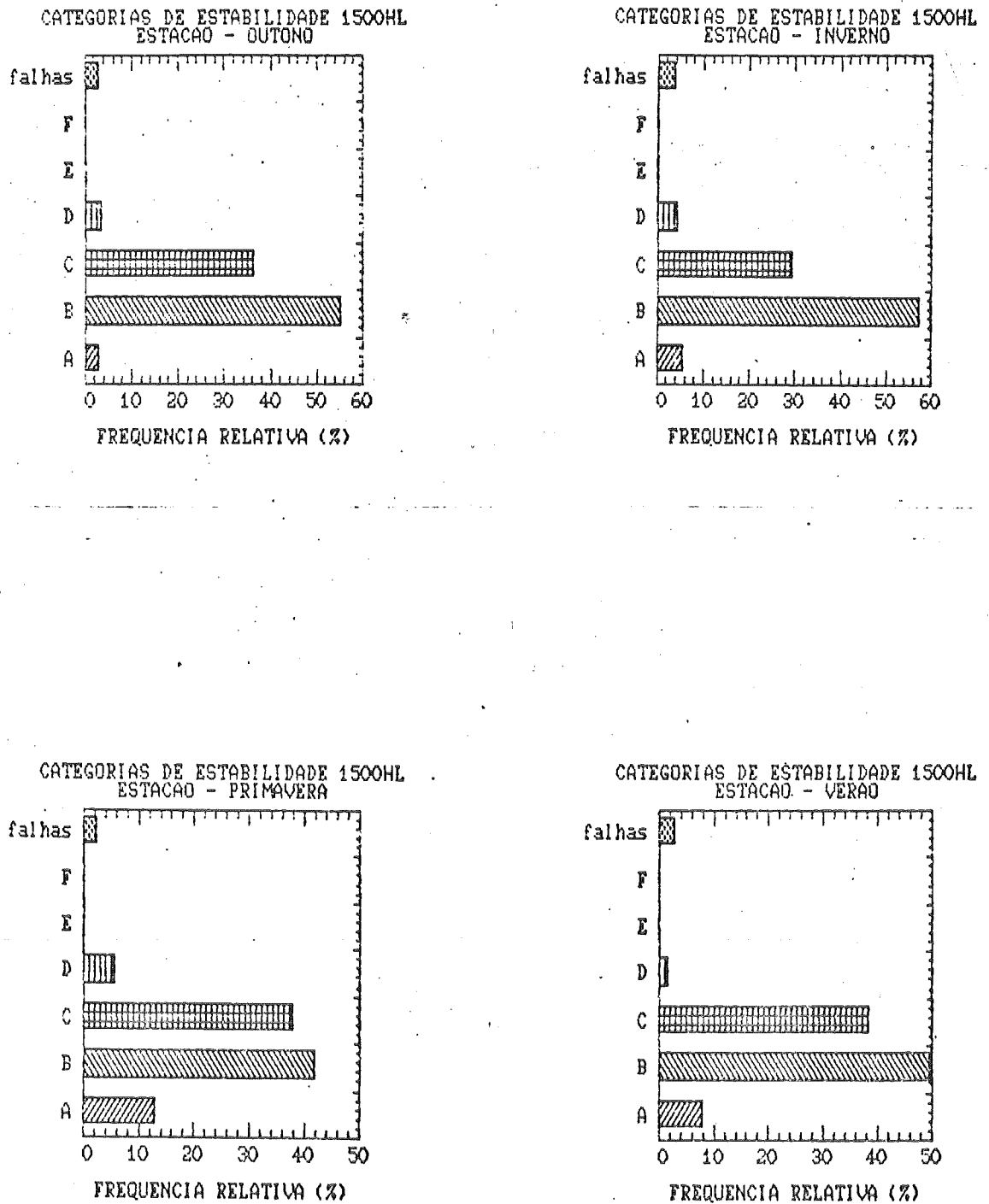


Figura 16 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
16:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

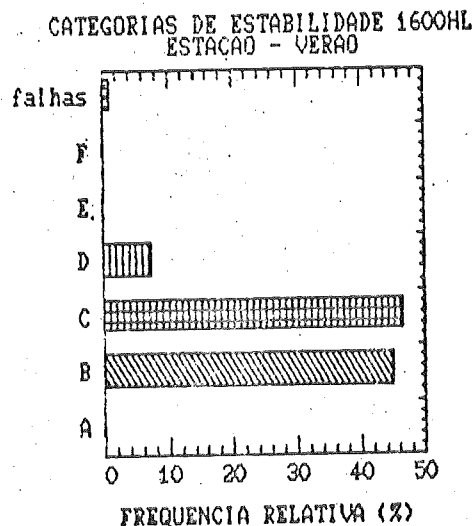
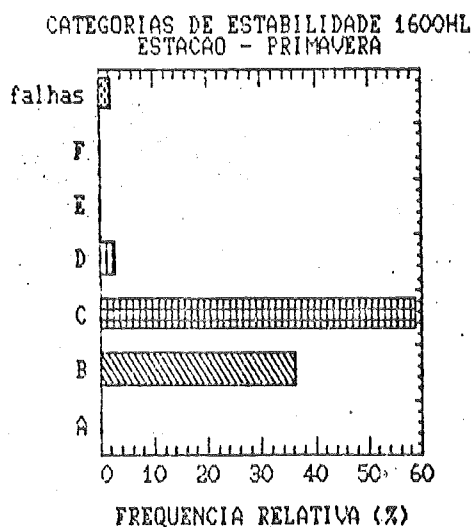
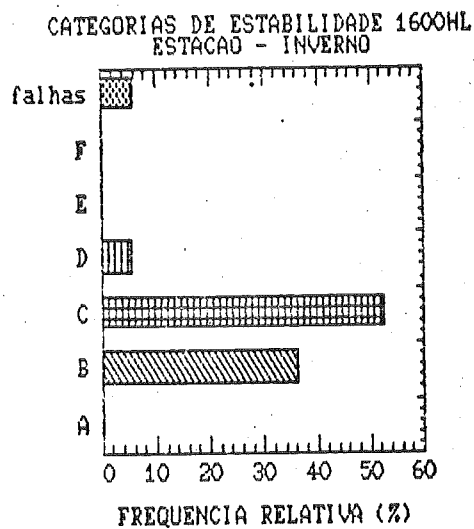
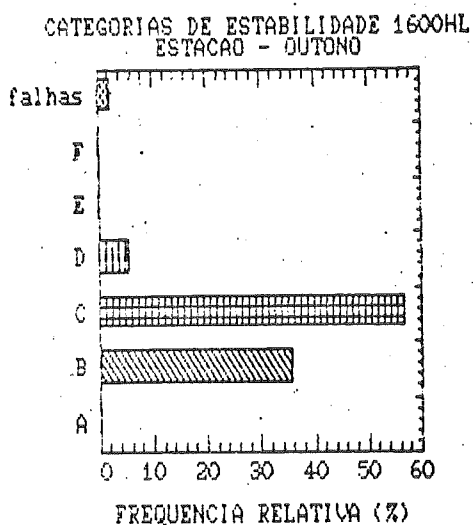
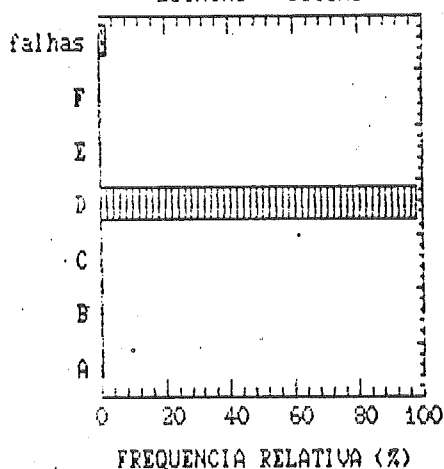
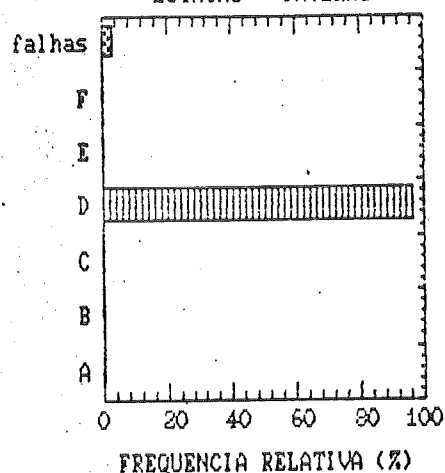


Figura 17 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
17:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

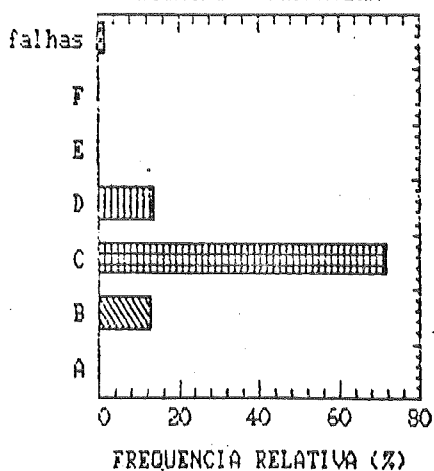
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1700HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1700HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1700HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 1700HL
ESTACAO - VERAO

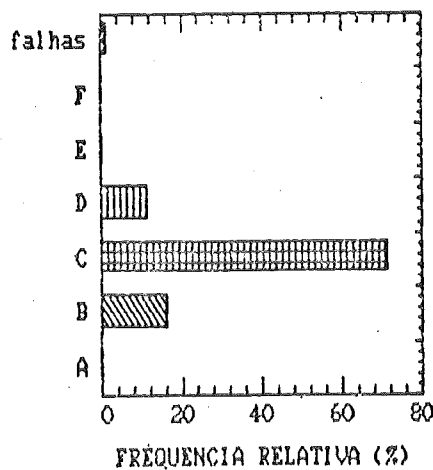


Figura 18 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
18:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

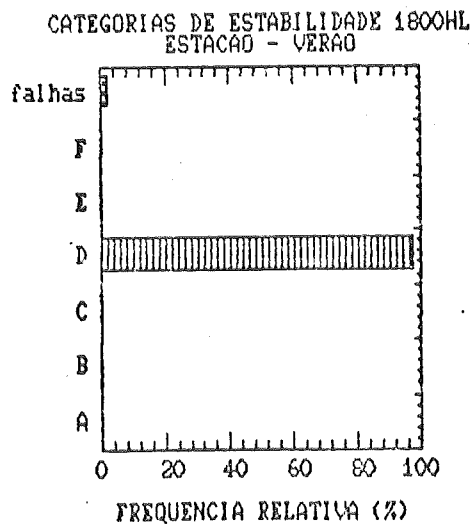
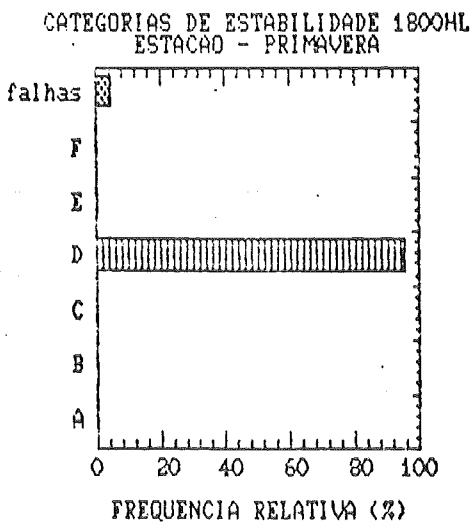
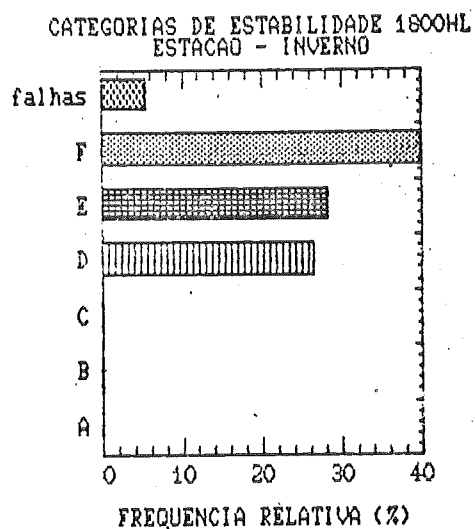
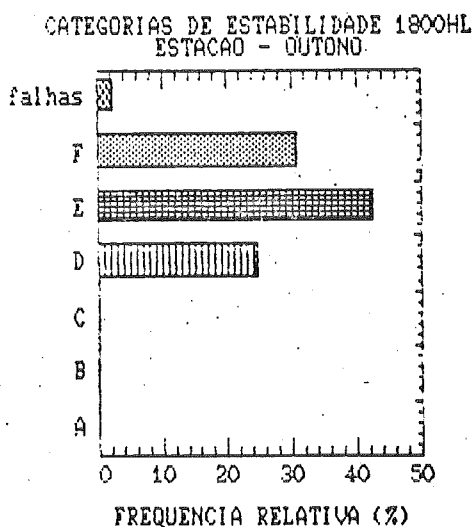


Figura 19 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
19:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

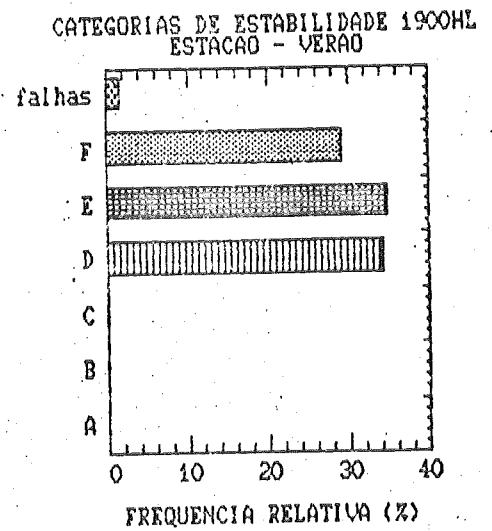
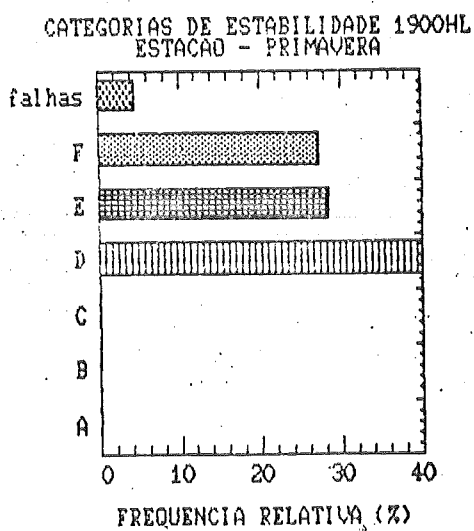
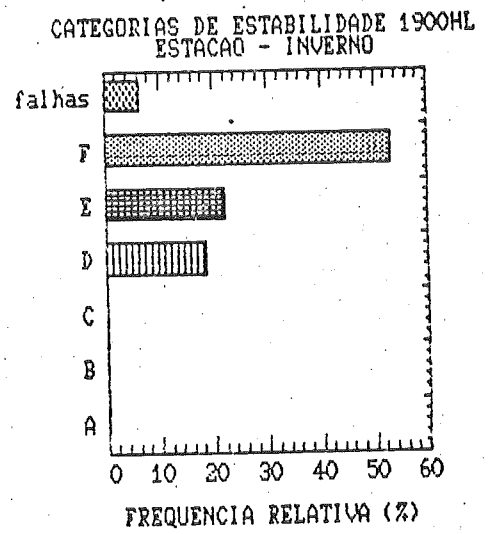
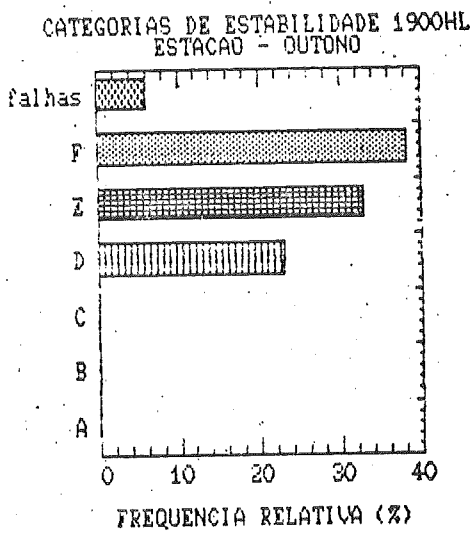
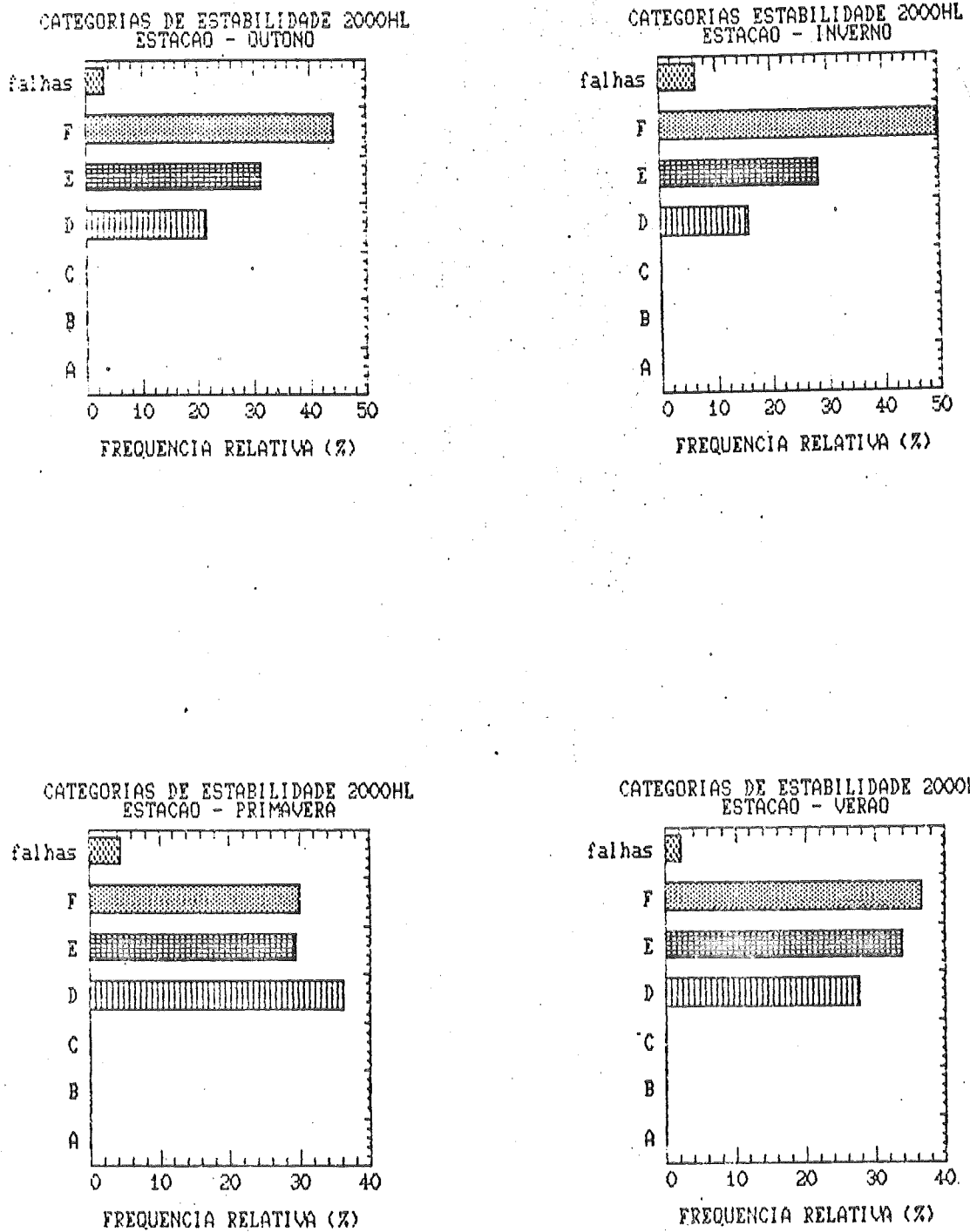


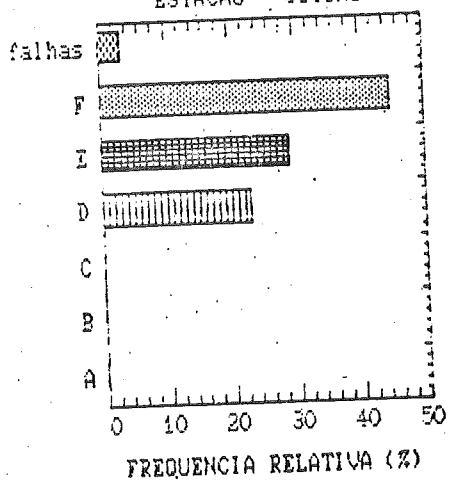
Figura 20 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
20:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.



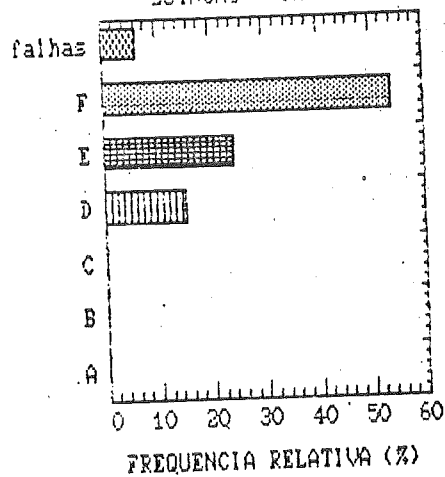
CETESB - COM. DE EST. DO MEIO AMBIENTE
BIBLIOTECA

Figura 21 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
21:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

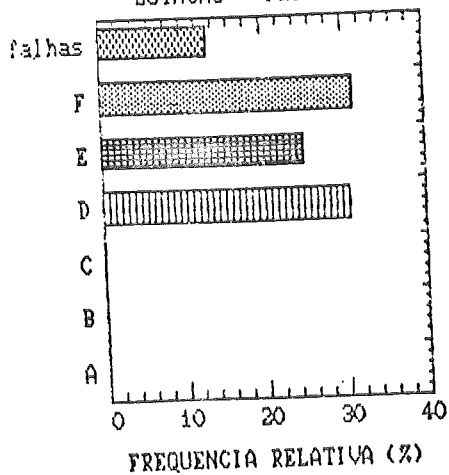
CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 2100HL
ESTACAO - OUTONO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 2100HL
ESTACAO - INVERNO



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 2100HL
ESTACAO - PRIMAVERA



CATEGORIAS DE ESTABILIDADE 2100HL
ESTACAO - VERAO

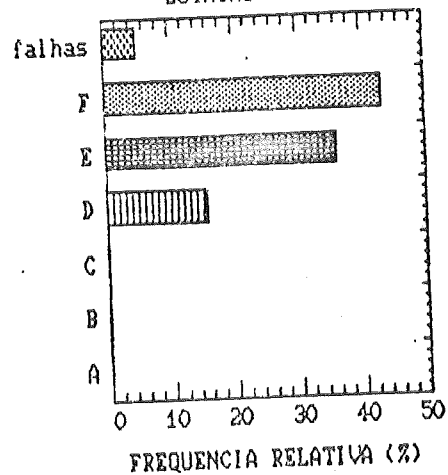


Figura 22 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
22:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

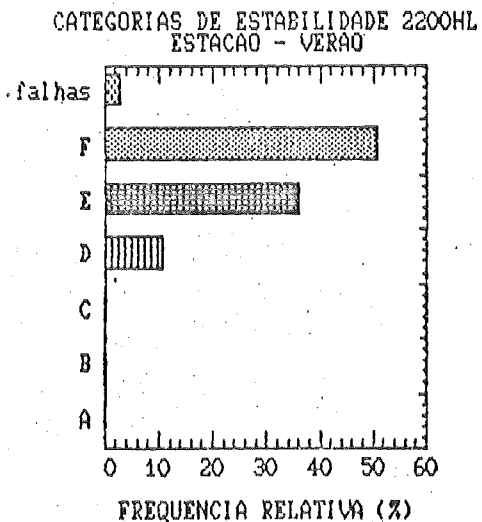
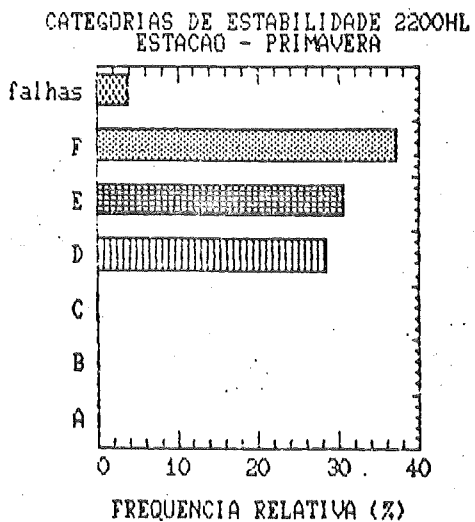
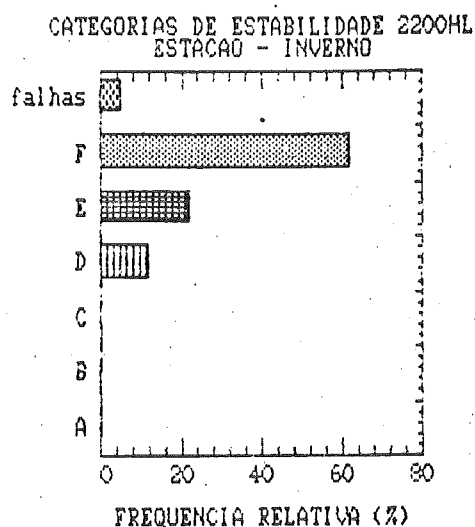
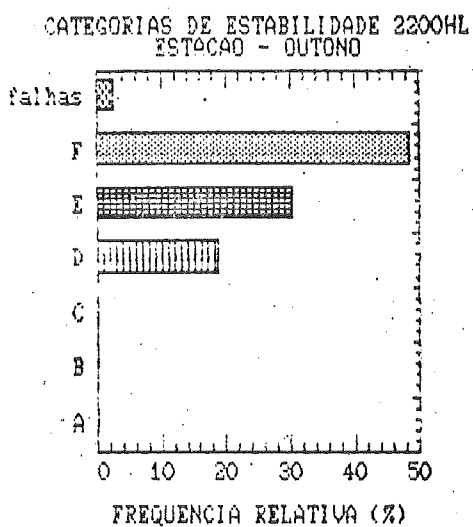


Figura 23 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
23:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.

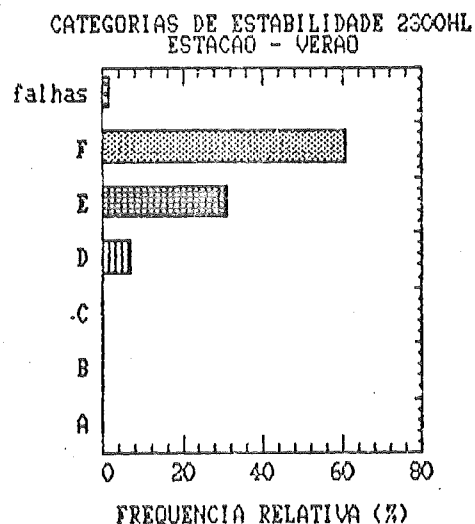
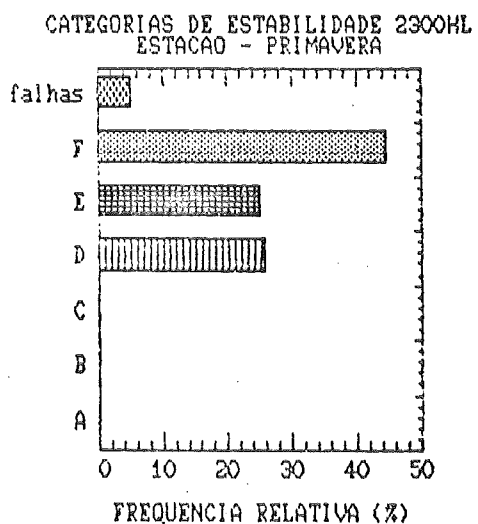
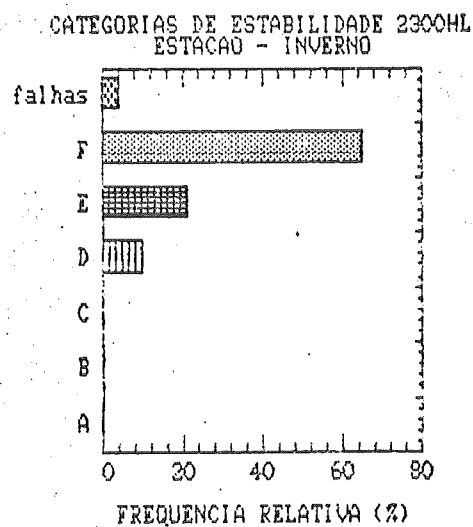
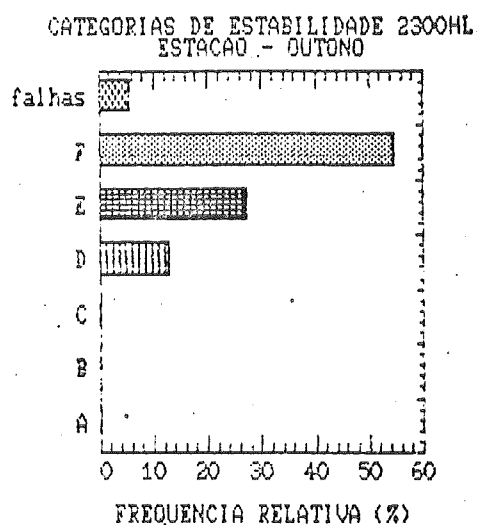
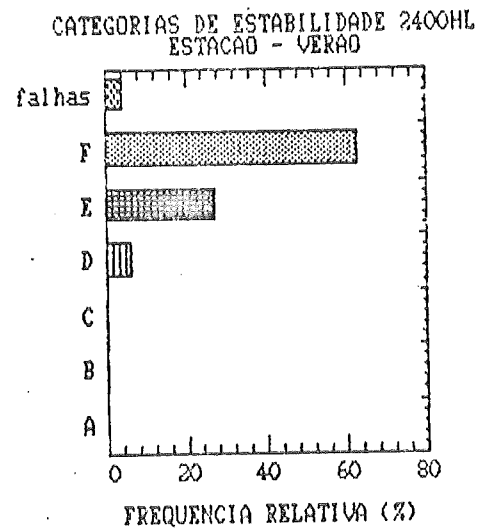
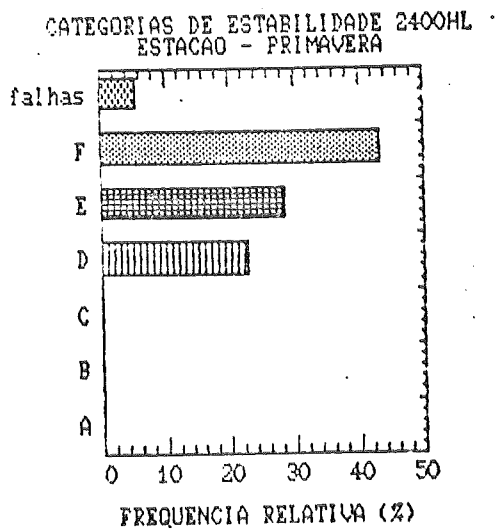
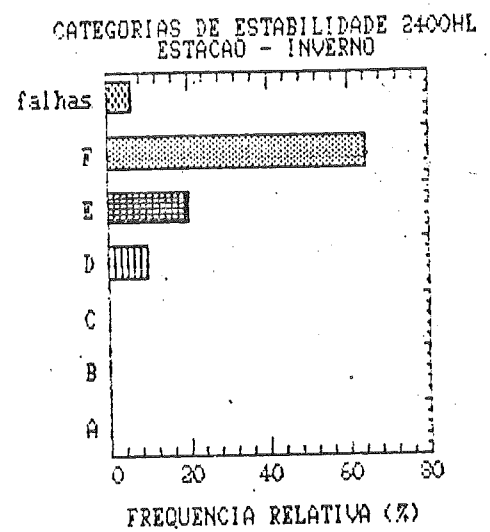
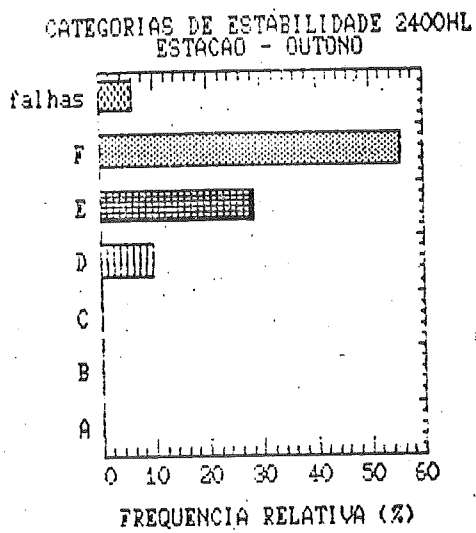


Figura 24 - Evolução sazonal da estabilidade atmosférica:
24:00 h (hora local), aeroporto de Congonhas.



Tomando como base estes valores expostos nas tabelas 1 a 4 foi definida uma estabilidade média para cada horário resultante do cálculo da média ponderada das diferentes frequências de ocorrência, levando em conta também o número de falhas ocorridas em cada horário. A expressão utilizada para o cálculo destas médias foi a seguinte:

$$\sum_{i=1}^6 f(i) \cdot E(i) = E(\text{média})$$

onde:

$f(i)$ é a frequência de ocorrência normalizada da i -ésima categoria de estabilidade num dado horário.

$E(i)$ é o "valor" da i -ésima categoria de estabilidade do horário. Este valor é definido a partir da seguinte correspondência:

- categoria A - valor 3
- categoria B - valor 2
- categoria C - valor 1
- categoria D - valor 0
- categoria E - valor -1
- categoria F - valor -2

Estes valores foram escolhidos de modo a minimizarmos a influência de valores extremos nos cálculos das médias. Ainda assim temos uma assimetria entre situações estáveis e instáveis, uma vez que temos três categorias instáveis e apenas duas estáveis. Não eliminamos este problema pois avaliamos como interessante a possibilidade de termos uma região estritamente negativa que nos indica estabilidade, uma região estritamente positiva nos indicando instabilidade e por fim, a neutralidade representada pelo valor 0. Esta facilidade de visualização nos pareceu um ganho maior do que o simples estabelecimento de uma simetria entre estabilidade e instabilidade que mesom...

sicamente pode ser considerada artificial.

E (média) é a estabilidade média do horário, dada nos valores da correspondência anterior.

É importante lembrar que a somatória das frequências vai até o valor $1-ff$, onde ff é a frequência relativa de falhas ocorridas no horário.

A estabilidade média foi calculada, hora a hora para cada estação do ano. Os resultados destes cálculos podem ser observados na tabela 5 exposta a seguir.

Tabela 5 - Estabilidade média calculada hora a hora para as quatro estações do ano.

HORA	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERAO
1	-1.6	-1.6	-1.3	-1.6
2	-1.7	-1.6	-1.4	-1.7
3	-1.7	-1.6	-1.5	-1.7
4	-1.7	-1.7	-1.4	-1.7
5	-1.7	-1.6	-1.5	-1.7
6	-1.6	-1.5	0	0
7	0	0	1.3	1.5
8	1.7	1.6	1.4	1.8
9	1.9	1.8	2.0	2.0
10	2.1	2.1	2.2	2.3
11	2.2	2.2	2.3	2.4
12	2.3	2.2	2.4	2.5
13	2.2	2.2	2.2	2.4
14	2.0	2.0	2.1	2.2
15	1.6	1.7	1.6	1.7
16	1.3	1.3	1.3	1.4
17	0	0	1.0	1.1
18	-1.1	-1.1	0	0
19	-1.2	-1.4	-0.9	-0.9
20	-1.2	-1.4	-0.9	-1.1
21	-1.2	-1.4	-1.0	-1.3
22	-1.3	-1.5	-1.1	-1.4
23	-1.4	-1.6	-1.2	-1.5
24	-1.5	-1.6	-1.2	-1.6

Tomando estes valores como base, e lembrando que a variação da estabilidade atmosférica é uma função contínua ao longo do dia, foi utilizado um procedimento de suavização destes valores horários de modo a termos uma curva de evolução temporal da estabilidade média na área de interesse.

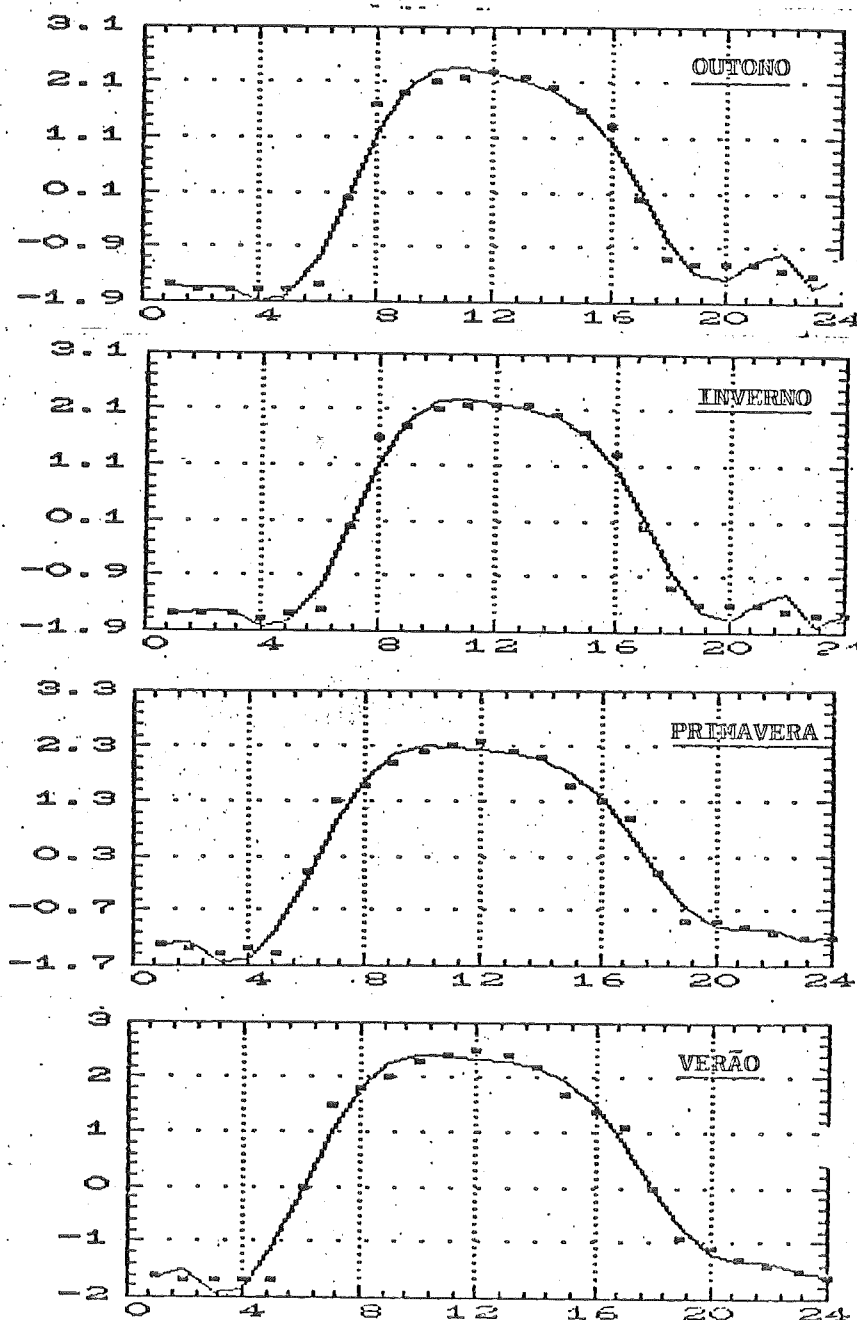
A metodologia utilizada para obtenção destas curvas foi a de um ajuste polinomial de ordem 10. As estabilidades médias ajustadas desta forma são apresentadas na tabela B a seguir. A somatória apresentada na parte inferior desta tabela nos permite hierarquizar as estações do ano quanto à tendência ao desenvolvimento de padrões turbulentos mais ou menos intensos.

Tabela 6 - Coeficientes ajustados hora a hora através de ajuste polinomial de ordem 10.

HORA	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERAO
1	-1.61583	-1.61262	-1.32181	-1.63421
2	-1.65677	-1.56528	-1.29350	-1.52688
3	-1.64964	-1.56612	-1.62079	-1.83670
4	-1.89680	-1.86626	-1.59408	-1.86072
5	-1.80154	-1.74106	-1.02026	-1.14374
6	-1.09747	-1.05556	-0.07929	-0.06083
7	0.01157	0.02569	0.91180	1.01630
8	1.13513	1.10657	1.69057	1.82129
9	1.93678	1.87593	2.14370	2.26531
10	2.31505	2.24020	2.30593	2.41122
11	2.36399	2.29881	2.29575	2.39444
12	2.25879	2.22335	2.23088	2.33561
13	2.12251	2.12578	2.16317	2.28020
14	1.95078	1.98687	2.05806	2.18490
15	1.63039	1.67973	1.82447	1.95198
16	1.04081	1.07574	1.38084	1.49541
17	0.18388	0.17684	0.72600	0.80919
18	-0.74001	-0.80815	-0.02351	0.00287
19	-1.38734	-1.52135	-0.66367	-0.72488
20	-1.48857	-1.67721	-1.01073	-1.18341
21	-1.15143	-1.37334	-1.05123	-1.32791
22	-0.99735	-1.21479	-1.02559	-1.34746
23	-1.61527	-1.79666	-1.23192	-1.52726
24	-1.45575	-1.56013	-1.19480	-1.59472
SOMA	-1.60409	-2.54001	6.60000	5.20000

Estes valores ajustados nos permitem a plotagem dos gráficos de evolução da estabilidade média hora a hora. Estes gráficos para as quatro estações do ano vão apresentados na figura 25 a seguir:

Figura 25 - Evolução horária da estabilidade média por estação do ano.
Ajuste polinomial de ordem 10.



CONCLUSÕES:

Podemos observar a grande semelhança existente entre a evolução da estabilidade média estação por estação. A conclusão interessante que podemos extrair desta análise é que temos o ano dividido basicamente em dois grupos quanto à estabilidade de Pasquill. Temos o período estável constituído pelo outono e pelo inverno e o período instável constituído pela primavera e pelo verão. A diferença parece estar relacionada com o número de horas de sol. Esta ampliação do período diurno que ocorre na transição para o verão está associada a um maior volume de radiação solar incidente o que determina uma passagem mais rápida do período estável (noturno, basicamente) ao instável.

Outro aspecto interessante que podemos observar nestes cálculos de estabilidade média é que temos a primavera apresentando uma maior instabilidade média que o verão. Apesar de o padrão diurno ser levemente mais instável no verão que na primavera (pequena diferença entretanto), observamos que o período noturno primaveril é mais instável que o correspondente do verão. Uma possibilidade de explicação para este aspecto é uma eventual existência de ventos mais fortes durante estes horários na primavera. Estudos mais detalhados do comportamento do vento no período de estudo nos permitirão elaborar conclusões de forma mais embasada.

Devemos ressaltar entretanto que o ciclo sazonal de estabilidade está aquém do esperado, tendo esta metodologia apresentado resultados melhores sob o aspecto qualitativo no tocante ao ciclo diurno de estabilidade. Acreditamos que possíveis limitações quanto ao ciclo sazonal estão associadas à metodologia utilizada para associação da cobertura de nuvens à radiação solar incidente. Procedimentos mais detalhados (2) quando implementadas poderão evidenciar de forma mais clara se esta variação sazonal de pequena amplitude é originária de aspectos metodológicos ou proveniente da localização geográfica de nossa região.

Devemos ressaltar que as possibilidades de trabalho nesta linha de estudos não está de forma alguma encerrada. Uma série de problemas objetivos se colocam imediatamente após a elaboração desta caracterização da região quanto às categorias de Pasquill. O fato de termos comportamentos médios desta variável meteorológica nos permitem classificar um dia como sendo estável ou instável e correlacionar este aspecto com eventuais desdobramentos que venham a ocorrer na qualidade de ar do período. Estudos mais aprofundados buscando a identificação de sistemas causadores de situações estáveis também se colocam. Por fim, é necessário o cruzamento de informações mais completas no tocante à associação entre ventos e categorias de estabilidade.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) "Um Método Objetivo de Caracterização da Estabilidade Atmosférica: Validação e Análise de Resposta do Modelo", Relatório CETESB NP/D10/90, elaborado pela NPQM.
- 2) Luna, R.E.; Church, H. W. ; "A Comparison of Turbulence Intensity and Stability Ratio Measurements to Pasquill Stability Classes", J. Appl. Met. Vol. 11, pp 683-689.

Relatório Elaborado por: José Rodrigo Parreira

Equipe de Trabalho: José Antonio de Carvalho Santos

José Mário da Silva Costa

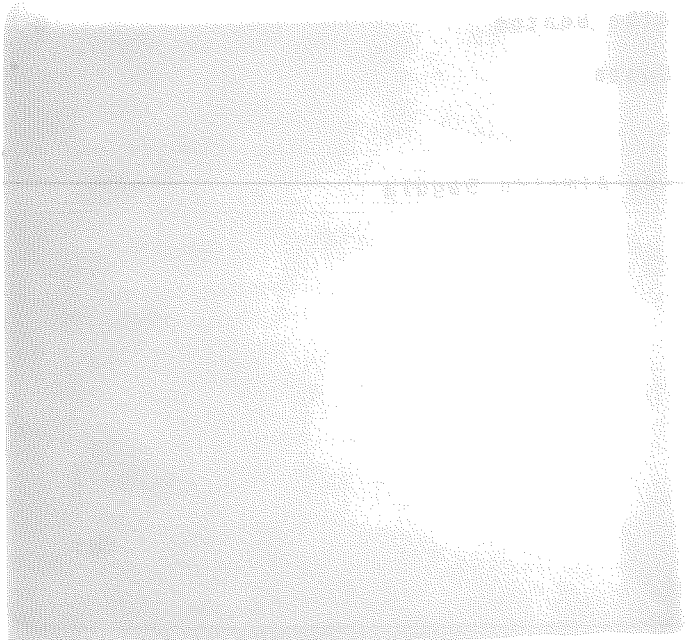
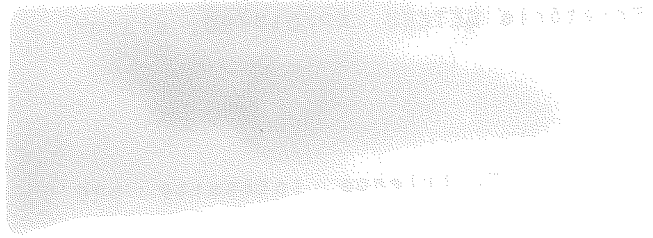
José Rodrigo Parreira

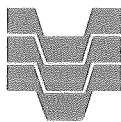
Maria Angélica Lopes de Almeida Sagula

Ricardo Anazia

Samuel Lemos Correia

Date: 16/8/90
Doc: NPOM
R207
Page: 1
Date: 16/8/90





CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros

Fone: 210-1100 - Telex 1183053-CETS-BR

CEP 05489 - São Paulo - SP - Brasil