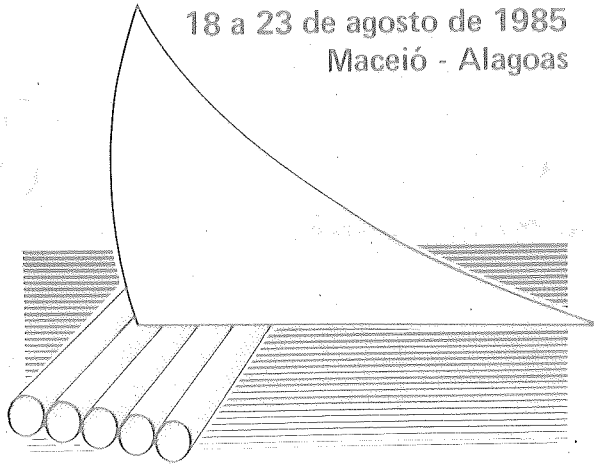


18 a 23 de agosto de 1985  
Maceió - Alagoas



ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA

# 13<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental

85

## MODELOS PARA PREVISÃO E AJUSTE DA QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO MENSAL EM CUBATÃO E SANTOS METODOLOGIA BOX & JENKINS

ARQUIVO TÉCNICO

84  
B836m  
014303



04492



014303

CETESB



**CETESB**

**Diretor Presidente:** Werner Eugênio Zulauf. **Diretor Financeiro:** Paulo Bezerril Junior. **Diretor Administrativo:** Antonio Alves de Almeida. **Diretor de Engenharia:** Nelson Mansour Nabhan. **Diretor de Controle:** Nelson Vieira de Vasconcelos. **Diretor de Planejamento Ambiental:** Fredmar Corrêa. **Diretor de Pesquisa:** Samuel Murgel Branco.

84  
BB36m  
014303

#### ESCRITÓRIO CENTRAL

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros  
São Paulo - CEP 05459 - Telefone: (DDD 011) 210-1100  
Telex (011) 222-46 - CTS - BR

#### UNIDADES REGIONAIS E ESCRITÓRIOS

##### ● Estado de São Paulo

**Araçatuba:** Rua Silva Jardim, 906  
Fone: (0186) 23.6838 - CEP 16.100

**Araraquara:** Av. Espanha, 188  
Fone (0162) 32.2211 - CEP 14.800

**Bauru:** Rua Gerson França, 11-60  
Fone: (0142) 23.8466 - CEP 17.100

**Campinas:** Rua São Carlos, 287  
Fone: (0192) 32.3366 - CEP 13.100

**Cubatão:** Rua Assembléia de Deus, 39 Salas 405 e 407  
Fone: (0132) 61.1660 e 611301 - CEP 11.500

**Franca:** Av. Champagnat, 1808  
Fone: (016) 723.9700 - CEP 14.400

**Guarulhos:** Rua Brás Cubas, 95  
Fone: (011) 209.8413 - CEP 07.000

**Ipiranga:** Rua Caramuru, 573  
Fone: (011) 275.7102 - CEP 04138

**Marília:** Av. Sampaio Vidal, 106  
Fone: (0144) 33.8879, 33.8521, 33.8733 - CEP 17.500

**Mogi das Cruzes:** Rua Prof. Floriano de Melo, 330  
Fone: (011) 469.3490 - CEP 08.700

**Novo Horizonte:** Av. da Saudade, s/n  
Fone: (0175) 42.1950 - CEP 14.960

**Osasco:** Rua Nathanael Titto Salmon, 268  
Fone: (011) 801.9736 - CEP 06.000

**Piracicaba:** Rua Moraes Barros, 264  
Fone: (0194) 34.5132 - CEP 13.400

**Presidente Prudente:** Rua Siqueira Campos, 699  
Fone: (0182) 22.1044 - CEP: 19.100

**Ribeirão Preto:** Rua Amador Bueno, 1294/1302  
Fone: (016) 634.6044, 634.4536, 625.9500  
- CEP 14.100

**Santana:** Av. Gal. Atalibá Leonel, 379  
Fone: (011) 267.7562 - CEP 02.033

**Santos:** Rua Itapura de Miranda, 158  
Fone: (0132) 33.7127, 32.9550 - CEP 11.100

**Santo André:** Rua Juquiá, 555  
Fone: (011) 444.3519, 444.5767 - CEP.: 09.000

**São Bernardo do Campo:** Av. Brig. Faria Lima, 360  
Fone: (011) 443.4188 - CEP 09700

**Sorocaba:** Av. Dr. Eugênio Salermo, 157  
Fone: (0152) 31.4877, 312065 - CEP 12.100

**Tatuapé:** Rua Henrique Setorio, 221  
Fone: (011) 217.7505 - CEP 03.066

**Taubaté:** Rua Itambé, 38  
Fone: (0122) 32.4829, 324900, 32.4867 - CEP 12.100

##### ● Outros Estados

###### Florianópolis - SC

Rua João Pinto, 6 - 2º andar - s/203  
Fone: (0482) 22.7690 - CEP 88.000

###### Recife - PE

Rua das Fronteiras, 160  
Fone: (081) 222.1013 - CEP 50.000

# MODELOS PARA PREVISÃO E AJUSTE DA QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO MENSAL EM CUBATÃO E SANTOS – METODOLOGIA BOX & JENKINS

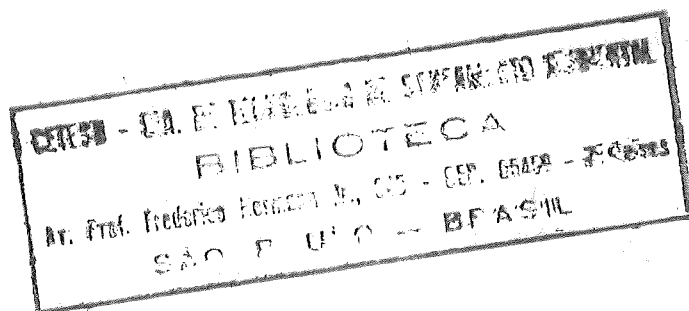
Antonio de Castro Bruni

*Estatístico*

Elisabeti Kira

*Estagiária*

GERÊNCIA DE PESQUISAS DE AR E RUÍDO



## 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, Morettin e Toloi (1981), a qual foi analisada segundo a metodologia de Box & Jenkins com o auxílio do "Econometric Software Package - ESP".

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)

## 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.

### 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:

- ESPECIFICAÇÃO - uma classe geral de modelos é considerada para análise;
- IDENTIFICAÇÃO - é feita a identificação de um ou mais modelos com base na análise das auto-correlações e auto-correlações parciais; (1).
- ESTIMAÇÃO - os parâmetros dos modelos identificados são estimados;
- 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, Autorregressivos, Integrados e de Médias Móveis), esta nomenclatura é amplamente conhecida e pode ser encontrada, por exemplo, em (1).

### 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)<sub>12</sub> e SARIMA (0,0,1) x (0,1,1)<sub>12</sub> para as séries de dados e seus parâmetros foram então estimados.

TABELA 1 - ESTIMATIVAS OBTIDAS PARA OS PARÂMETROS DOS MODELOS IDENTIFICADOS E ERROS QUADRÁTICOS MÉDIOS

Local	Modelos/Parâmetros	EQM <sup>**</sup>
USINA Henry-Borden	SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) <sub>12</sub> $\phi_1 = 0.124954$ $H_1 = 0.956994$	30.908,93
	SARIMA (0,0,1) x (0,1,1) <sub>12</sub> $\theta_1 = 0.132884$ $H_1 = 0.958068$	30.925,12
Caixa 10	SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) <sub>12</sub> $\phi_1 = 0.209646$ $H_1 = 0.937769$	34.665,04
	SARIMA (0,0,1) x (0,1,1) <sub>12</sub> $\theta_1 = 0.202218$ $H_1 = 0.936125$	35.252,71
Saboão	SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) <sub>12</sub> $\phi_1 = 0.136586$ $H_1 = 0.958522$	21.467,45
	SARIMA (0,0,1) x (0,1,1) <sub>12</sub> $\theta_1 = 0.127245$ $H_1 = 0.957260$	21.607,84

\* Os modelos podem ser escritos na forma

$$\text{SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)}_{12} : Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + Z_{t-12} - \phi_1 Z_{t-13} + a_t - H_1 a_{t-12}$$

$$\text{SARIMA (0,0,1) x (0,1,1)}_{12} : Z_t = Z_{t-12} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - H_1 a_{t-12} + \theta_1 H_1 a_{t-13}$$

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

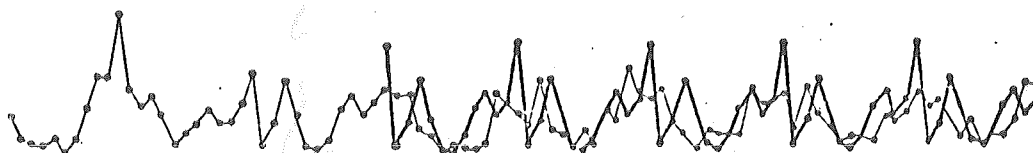


Para os modelos obtidos foram feitas as verificações e os resultados observados expomos a seguir.

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 à 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 na Tabela 1.



LEGENDA

—●— SÉRIE PREVISTA PELO MODELO  
- - -●- - SÉRIE OBSERVADA

FIGURA 2 - Modelo Sarima  $(1,00) \times (0,1,1)_{12}$  LOCAL: USINA HB



LEGENDA

—●— SÉRIE PREVISTA PELO MODELO  
- - -●- - SÉRIE OBSERVADA

FIGURA 3 - Modelo Sarima  $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$  LOCAL: CAIXA 10



LEGENDA

—●— SÉRIE PREVISTA PELO MODELO  
- - -●- - SÉRIE OBSERVADA

FIGURA 4 - Modelo Sarima  $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$  LOCAL: SABOÛ

---

## CONCLUSÃO

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.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Morettin, P.A. e Toloi, C.M.C. "Modelos para previsão de séries temporais" - 13º 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 Angkat: 01/08/85
dic.:
terakhir:
harga: Cr\$ 1:00
Data Tomba: 02/08/85



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - São Paulo - SP. - CEP 05459  
Telefone: (011) 210-1100 (Telex (011) 222-46-CTS - BR