Modelos de Previsão de Cheias

Mario Tachini
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
Instituto de Pesquisas Ambientais

- Previsão de cheias em tempo real é a estimação de níveis ou vazões futuras para dado instante de tempo.

$$Qp_\tau = f(Q_t, Q_{t-1}, \ldots, Q_{t-r}, P_{\tau-1}, P_{\tau-2}, \ldots, P_t, x_t, x_{t-1}, \ldots, x_{t-r}, \varepsilon_\tau(\theta))$$

- A previsão de cheias é importante para uma gestão adequada e eficaz dos recursos hídricos superficiais e para permitir uma ação adequada e rápida em períodos de crise, como no caso da ocorrência de inundações.

- Auxiliar na ação da defesa civil

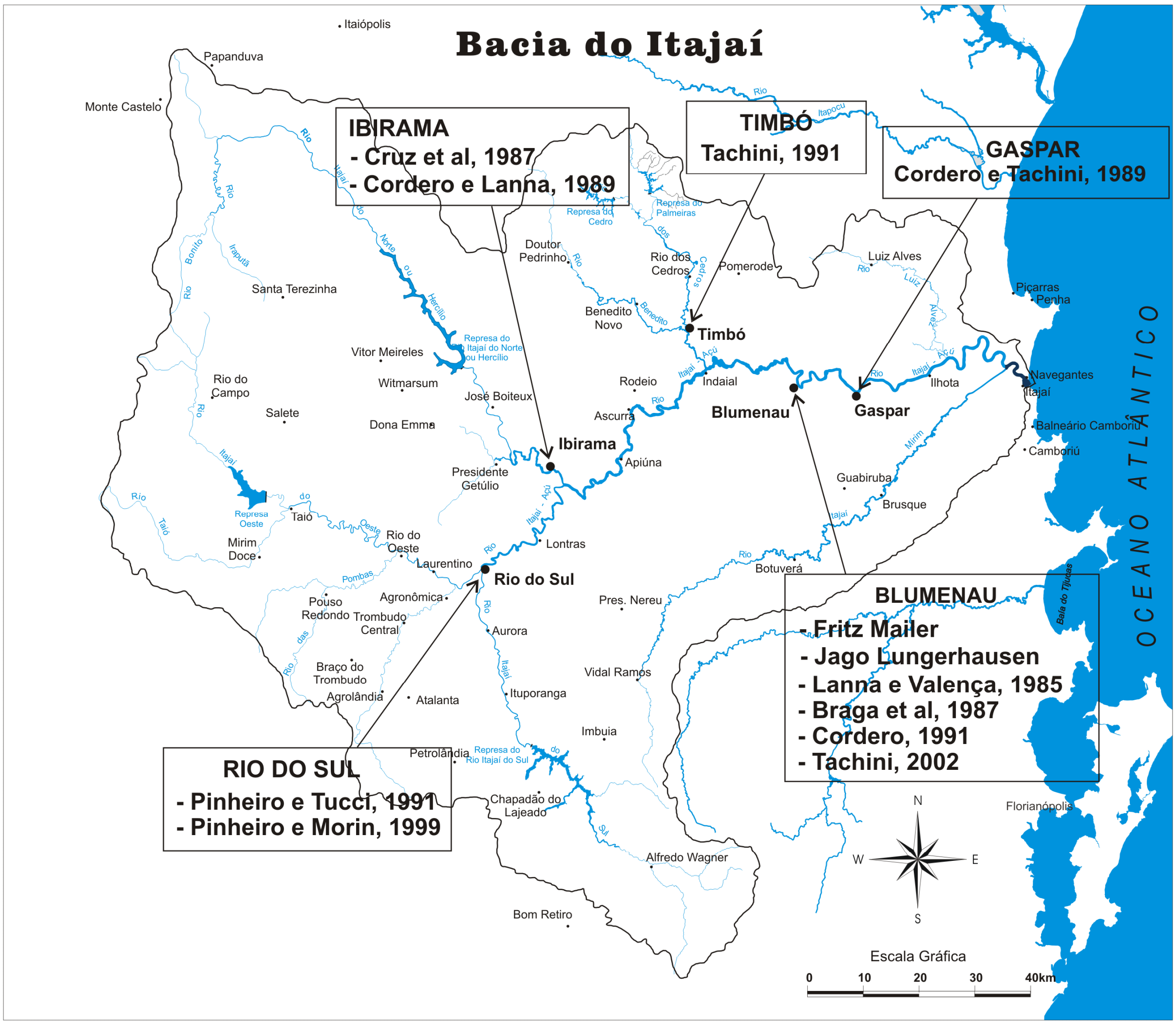
- **MODELOS EMPÍRICOS**
  - relações estruturais entre as variáveis de entrada e de saída.
  - bacias intermediárias

- **MODELOS CONCEITUAIS**
  - transformação da precipitação em vazão.
  - Bacias de cabeceira

- Um modelo de previsão deve ser ajustado com o auxílio de observações passadas.

- Coeficiente de determinação:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (Qc_i - Qo_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (Qo_i - QM)^2}$$



Modelos Aplicados na Bacia do Itajaí

- **Fritz Mailer**

- **Jago Lungershausen**
  - Eram empregados modelos empíricos práticos: os modelos eram constituídos de curvas, representando a propagação dos escoamentos no rio principal e correções destas curvas em função dos totais médios precipitados na bacia contribuinte.

- Lanna e Valença (1985) – modelo linear ARIMAX

$$H(t+dt) = H(t) + a[H(t) - H(t-2)] + b[Q(t-c) - Q(t-c-2)]$$

  – H - é o nível em Blumenau
  – Q - é a vazão observada em Apiúna

Os parâmetros a e b são atualizados, considerando-se as informações utilizadas nas previsões anteriores.

- **Cordero, A. e Tachini, M., 1989**
  - O modelo do tipo estocástico linear ARMAX

$$
\begin{aligned}
&Y_{GASPAR}(t+alc) = Y_{GASPAR}(t) + b\left[Y_{GASPAR}(t) - Y_{GASPAR}(t-1)\right] \\
&+ c\left[X_{APIUNA}(t-k) - X_{APIUNA}(t-k-1)\right] + \\
&d\left[Z_{TIMBO}(t-m) - Z_{TIMBO}(t-m-1)\right]
\end{aligned}
$$

- **Cordero, A., 1991**
  - modelo estocástico estacionário da previsão de cheias, para a cidade de Blumenau, baseado nas medidas de níveis de Apiúna e Timbó.

$$
\begin{aligned}
&Y(t) = 1{,}98063y(t-1) + 0{,}98506y(t-2) \\
&- 0{,}092u_1(t-4) + 0{,}08732u_1(t-5) \\
&+ 0{,}01806u_2(t-4) - 0{,}01411u_2(t-5) + 0{,}03083
\end{aligned}
$$

- **Tachini M., 2002**.

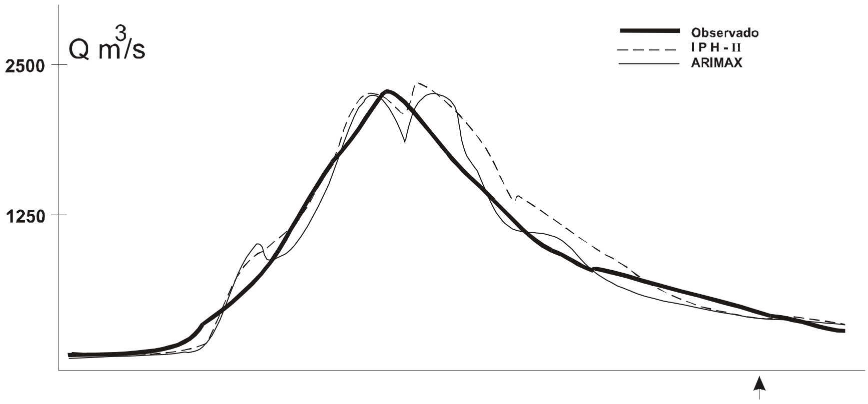
$$Ht+\tau = a.\Delta Ht + \sum b.ht + c.P$$

H – nível do local de previsão
h – nível de estações de montante
P – precipitação média da bacia contribuinte

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí

- Cruz, J. C.; Lanna, A. E., Silveira, G. L. e Silveira, A. L., 1987.
  - Previsão de cheias em tempo real pelo uso conjugado de modelos semi-conceitual (IPH II) e empírico ARIMAX
  - IPH II: perdas por evaporação e interceptação, separação de escoamentos, propagação dos escoamentos superficial e subterrâneo.
  - O desempenho do modelo IPH II foi ruim, devido sobretudo à má representatividade dos dados de precipitação

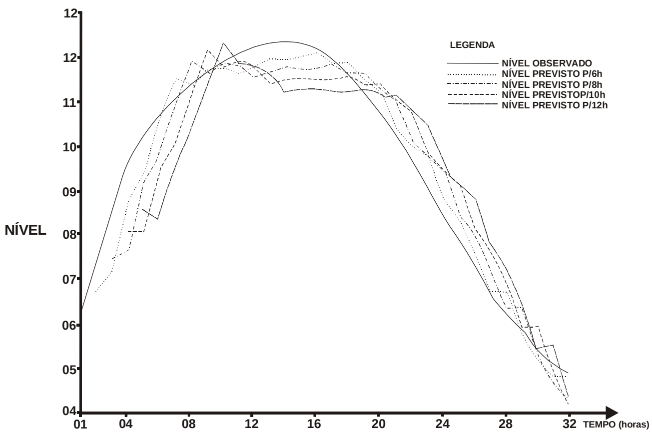
- Previsão para 8 horas Ibirama: Evento 0884 (Cruz et al., 1987)



- Braga, B.P.F.Jr., Pinheiro A. e Loesch C., 1987
  - Modelo estocástico linear distribuído

O desempenho do modelo foi considerado satisfatório (coeficiente R2 médio de 0,90), requerendo uma maior qualidade dos dados de entrada para estimativa dos parâmetros, principalmente com relação à distribuição espacial e temporal das precipitações.

- Previsões de níveis em Blumenau – evento 8/84 (Braga et al., 1987)



- **Cordero, A. e Lanna, A. E., 1989**
  - Previsão de cheias em tempo atual com modelo recursivo baseado no hidrograma unitário

$$QT_{t+\tau} = \left[\sum_{j=1}^{t} \left(Pe_{i-j+1} - \phi^{(0,k)} \right) U_j + B \right]$$

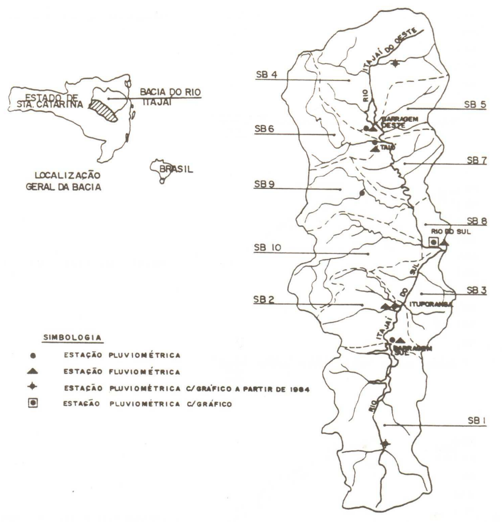
- **Cordero, A. e Lanna, A. E., 1989**
  - Este modelo foi inicialmente aplicado para a realização de previsões em Ibirama.
  - Os resultados foram equivalentes aos obtidos por Cruz et al. (1987) com o modelo IPH II + ARMAX.
  - O mesmo modelo foi aplicado para a realização de previsões para Timbó (Tachini, 1991), para alcances que variaram de 2 a 8 horas.
  - Os coeficientes de determinação foram superiores a 0,87 nas previsões com alcance de 2 horas e superiores a 0,79 para alcance de 8 horas.

- **Pinheiro, A. e Tucci, C.E.M., 1991**
  - modelo conceitual distribuído
  - O modelo é estruturado em dois módulos:
    * bacia (IPH II)
    * Canal (Muskingun-Cunge não linear)

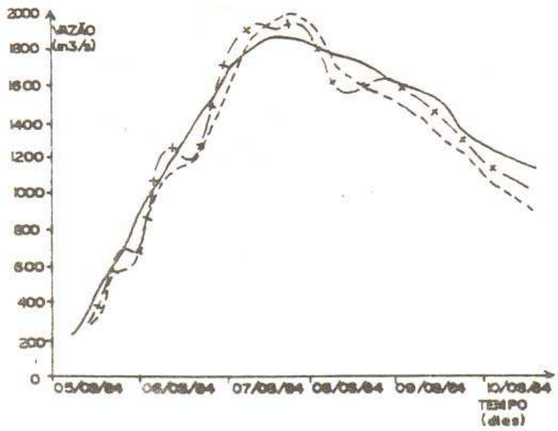
$$Q_{t+1} = C_1 I_{t+1} + C_2 I_t + C_3 Q_t + C_4 q.\Delta x$$

$$C_1 = \frac{-K.X + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} \qquad C_2 = \frac{K.X + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} \qquad C_3 = \frac{K(1-X) - \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} \qquad C_4 = \frac{\Delta t}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}}$$

$$X = 0,5 - \left(\frac{q_o}{2S_o}\right)^r \frac{1}{c.\Delta x} \qquad K = \frac{\Delta x}{c}$$

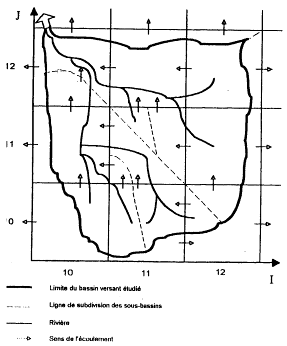
- 

- Previsão em Rio do Sul para alcance de 8 horas (Pinheiro, A. e Tucci, C.E.M., 1991)



- **Pinheiro, A. e Tucci, C.E.M., 1991**
  - A discretização temporal e espacial da precipitação, a discretização temporal dos níveis e a extrapolação das curvas-chave são fatores que influenciaram de modo negativo sobre os resultados do modelo. Isto constitui uma limitação no uso deste tipo de modelo para a previsão de vazões na bacia do Itajaí.

- **Pinheiro A. e Morin G., 1999**
  - modelo hidrológico conceitual distribuído CEQUEAU, com atualização dos resíduos, através de dois processos diferentes: os métodos de atualização, estatística e determinista.



- **Pinheiro A. e Morin G., 1999**
  - coeficientes NASH da previsão, com ou sem precipitação futura

Condição	0783		0884	
	Conhecida	Nula	Conhecida	Nula
Simulação	0,8673		0,8517	
Previsão 2 horas	0,9959	0,9959	0,9990	0,9990
Previsão 4 horas	0,9882	0,9880	0,9965	0,9965
Previsão 6 horas	0,9783	0,9774	0,9930	0,9924
Previsão 8 horas	0,9670	0,9641	0,9892	0,9869

Modelos de Previsão de Cheias

- Disponibilidade dos dados de entrada: precipitação e níveis: continuidade
- Distribuição espacial e temporal da precipitação: representatividade.