

# TEA018 - Hidrologia Ambiental

**Modelos Hidrológicos**

**Models da Família GR - *Genie Rural***

**Explicação do Trabalho**

Exemplo da bacia Cambara (Rio Guaraguaçu)

Junho de 2023

**Emílio Graciliano Ferreira Mercuri**

Departamento de Engenharia Ambiental

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

# Outline

## Agenda de atividades

- Modelos Hidrológicos
  - Definição e Classificações
- Modelos da família GR - (*Institut national de la recherche agronomique (INRAE)* - França)
  - Modelo GR4J
  - Modelo GR2M
  - Formulação
- Exemplo da Aplicação para a bacia Cambara (Rio Guaraguaçu, litoral do Paraná)
- Google Colaboratory
- Explicação do Edital do Trabalho 2

# Modelo Hidrológico

é uma ferramenta para converter entradas em saídas de um sistema hidrológico

Sejam as entradas  $I(t)$  e saídas  $O(t)$  funções do tempo  $t$ :

Um modelo é uma transformação:

$$O(t) = \Omega I(t)$$

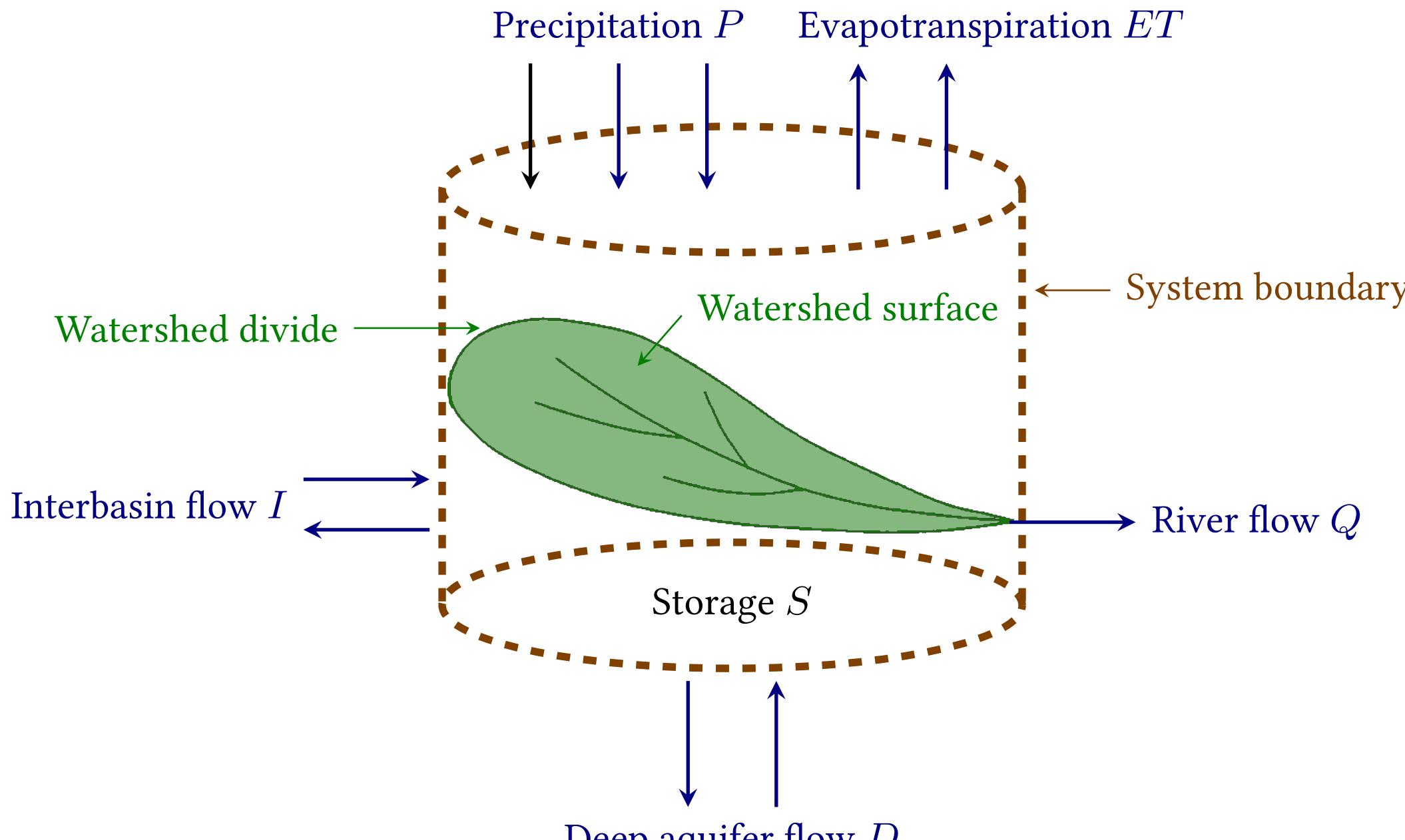
$\Omega$ : função de transferência (operador matemático: algébrico, diferencial,...)

$I(t)$  = inputs: precipitação, ...

$O(t)$  = outputs: vazão, evapotranspiração, ...

# Modelo Hidrológico

é uma ferramenta para converter entradas em saídas de um sistema hidrológico



A bacia hidrográfica como sistema hidrológico

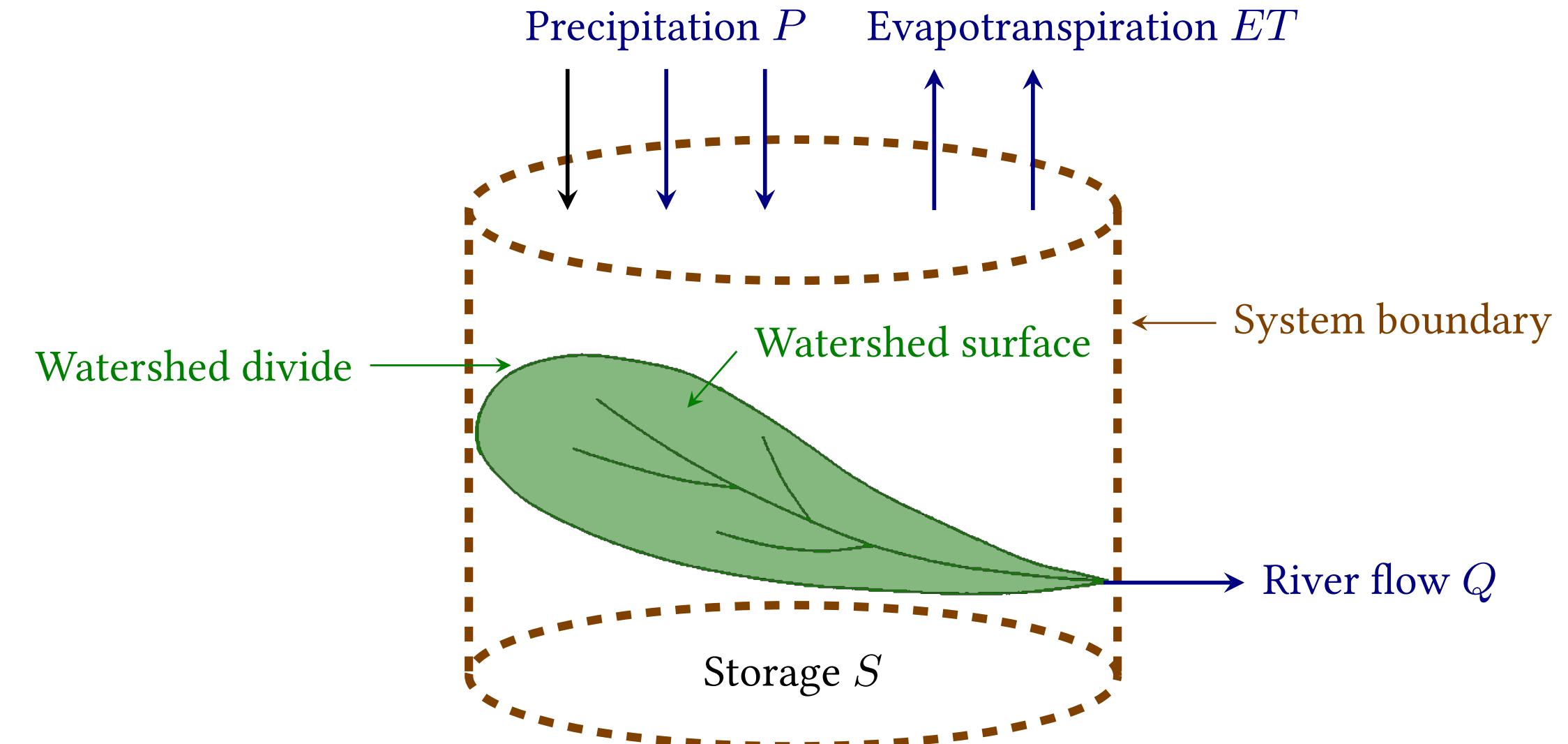
Balanço Hídrico:

$$\frac{dS}{dt} = P - ET - Q + (D + I)$$

A bacia hidrográfica pode ser um sistema hidrológico, mas o sistema pode ser definido em outras escalas, como a vertente, um volume de solo, etc...

# Modelo Hidrológico

Simplificações comuns em modelos hidrológicos



A bacia hidrográfica como sistema hidrológico

Balanço Hídrico:

$$\frac{dS}{dt} = P - ET - Q$$

# Classificação de Modelos Hidrológicos

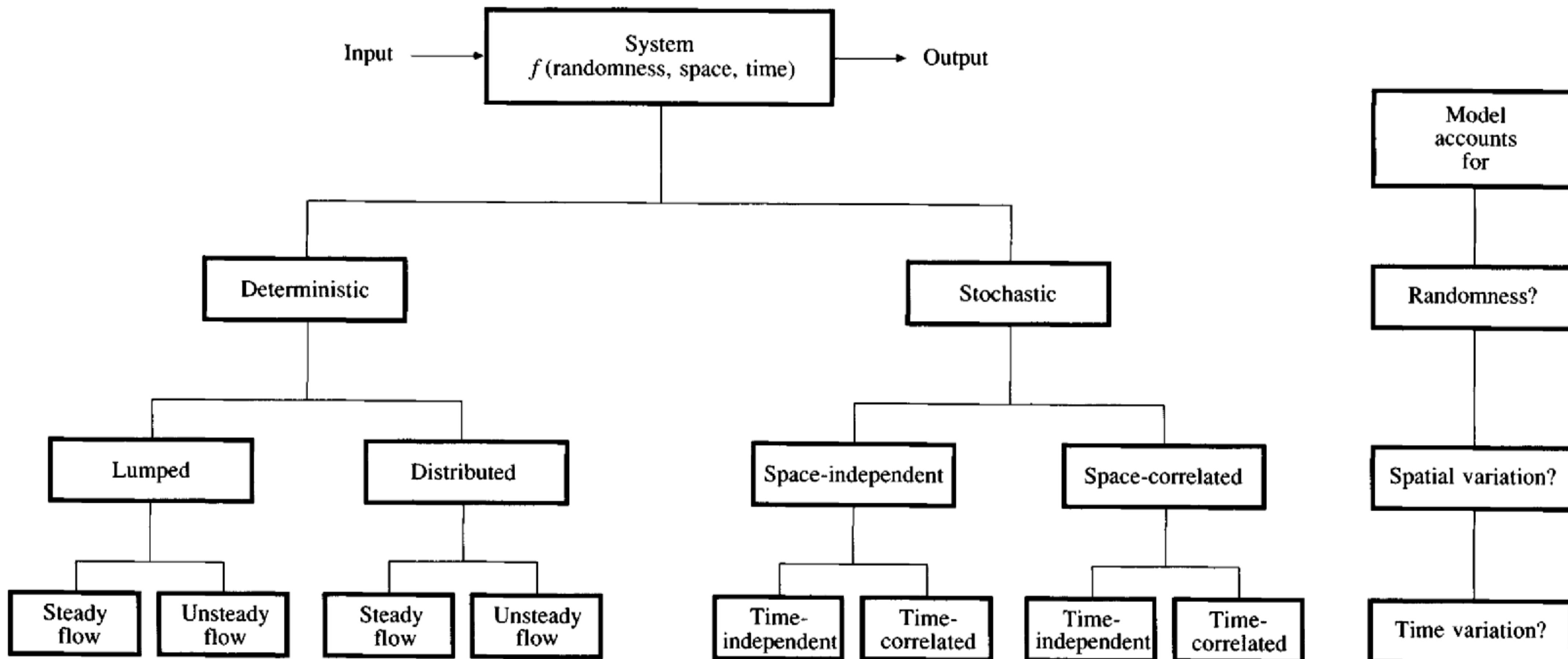
Descrita por Brutsaert - livro Hydrology - An Introduction

Pode-se dividir os modelos hidrológicos em 3 classes ou aproximações:

1. Modelos Físicos
2. Modelos Empíricos
3. Modelos Conceituais

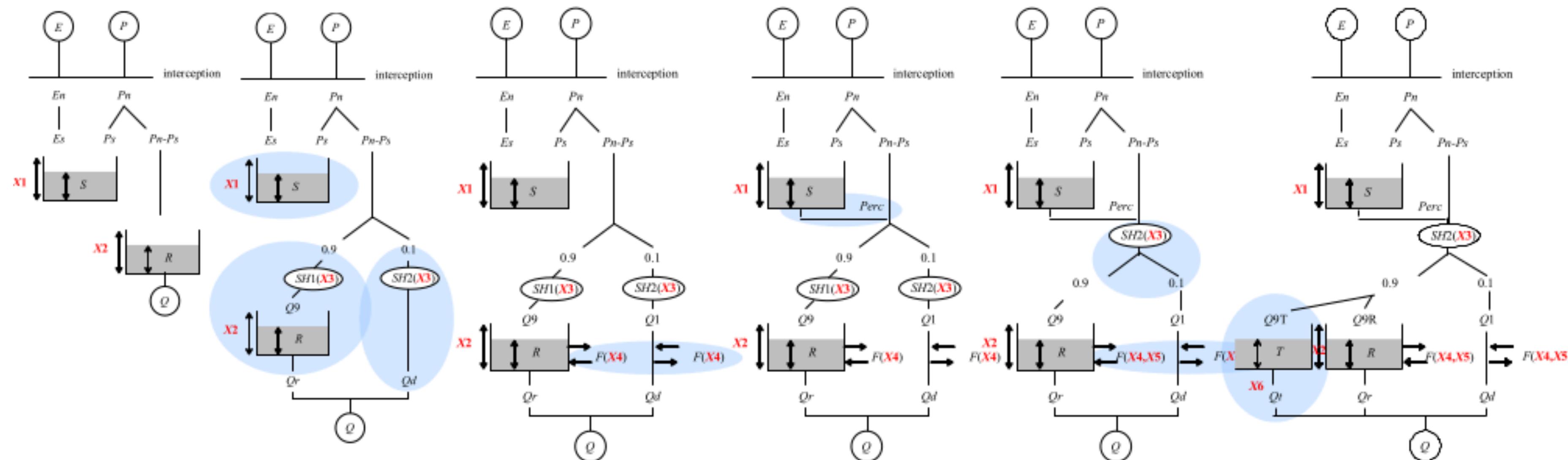
# Classificação de Modelos Hidrológicos

Descrita por Chow, Maidment, Mays - livro Applied Hydrology



# Família de modelos GR

- Desenvolvidos por universidades, grupos e institutos de pesquisa na França
- Institut national de la recherche agronomique (INRAE)*
- Catchment Hydrology research group at INRAE\* in Antony



**GR1-GR2**  
Michel, 1983

Reservoirs  
of different  
capacities

**GR3**  
Edijatno, 1991

Complete redesign of  
the model  
Addition of unit  
hydrographs

**GR4**  
Nascimento, 1995

Addition of an  
underground  
exchange function

**GR4**  
Perrin, 2000

Addition  
of a percolation  
of the production  
reservoir

**GR5**  
Mathevet, 2005  
Le Moine, 2008

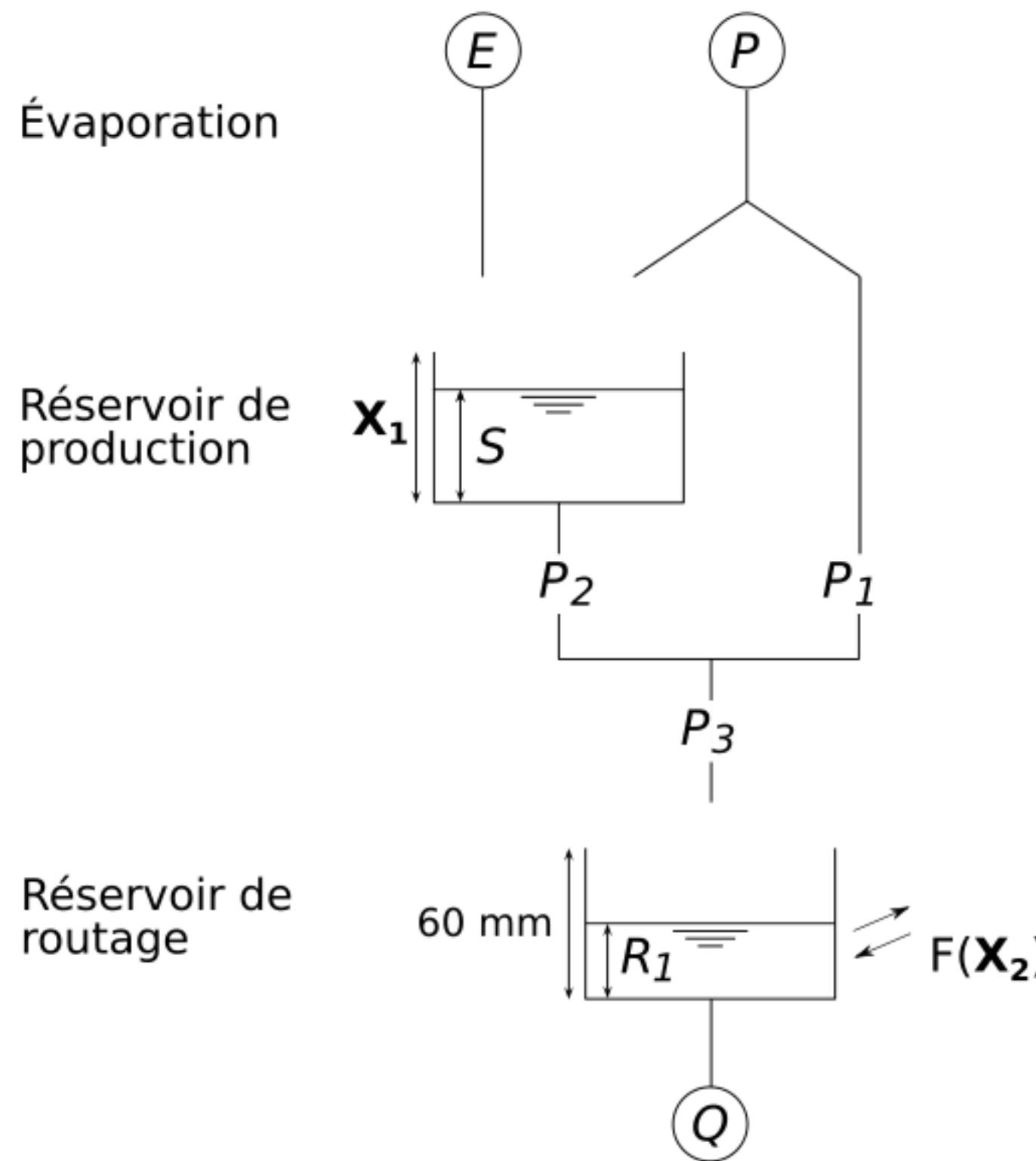
Simplification of routing  
Modification of the  
exchange function

**GR6**  
Pushpalatha, 2013

Add a second  
routing reservoir

# Modelo GR2M

- **GR2M** (*Génie Rural à 2 paramètres Mensuel*)
- Desenvolvido por Kabouya (1990), Kabouya et Michel (1991), Makhlof (1994), Makhlof et Michel (1994), Mouelhi (2003) et Mouelhi et al. (2006b).
- A versão atual é de Mouelhi et al. (2006b)



# Modelo GR2M

No modelo GR2M, a função de produção depende de um armazenamento de umidade do solo muito semelhante ao usado no GR4J. Dada uma precipitação  $P$ , o nível  $S$  no reservatório de produção torna-se  $S_1$  e é definido por:

$$S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}}, \text{ sendo } \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

O parâmetro  $X_1$ , a capacidade máxima do **reservatório de produção**, é positivo e é dado em mm.

O excesso de precipitação  $P_1$  é dado por:

$$P_1 = P + S - S_1$$

Dada a evapotranspiração potencial  $E$ , o nível  $S_1$  torna-se  $S_2$ :

$$S_2 = \frac{S_1(1 - \psi)}{1 + \psi\left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right)} \quad \text{e} \quad \psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

O reservatório de produção então se esvazia com uma percolação  $P_2$  e seu nível  $S$ , pronto para os cálculos do mês seguinte, é dado por:

$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{1/3}} \quad \text{e} \quad P_2 = S_2 - S$$

A chuva total  $P_3$  que chega ao **reservatório de propagação** é dada por:

$$P_3 = P_1 + P_2$$

O nível  $R$  no reservatório torna-se então  $R_1$ :

$$R_1 = R + P_3$$

Um termo de troca de água subterrânea entre bacias vizinhas e aquíferos profundos é então calculado por:

$$F = (X_2 - 1) R_1$$

O parâmetro  $X_2$  é positivo e adimensional. O nível no reservatório torna-se:

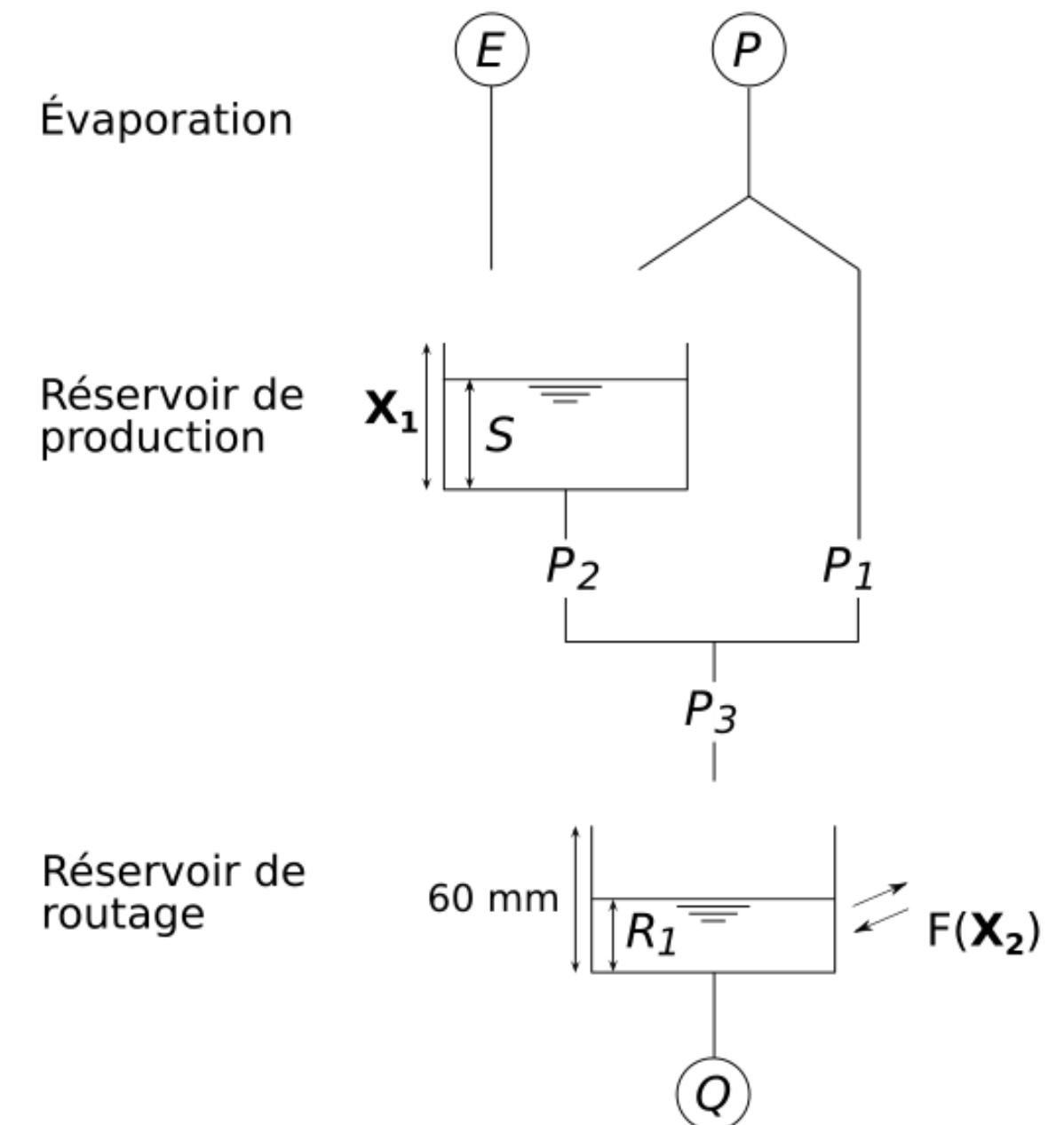
$$R_2 = X_2 R_1$$

O reservatório, com capacidade fixa igual a 60 mm, esvazia segundo uma função quadrática. O fluxo é dado por:

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

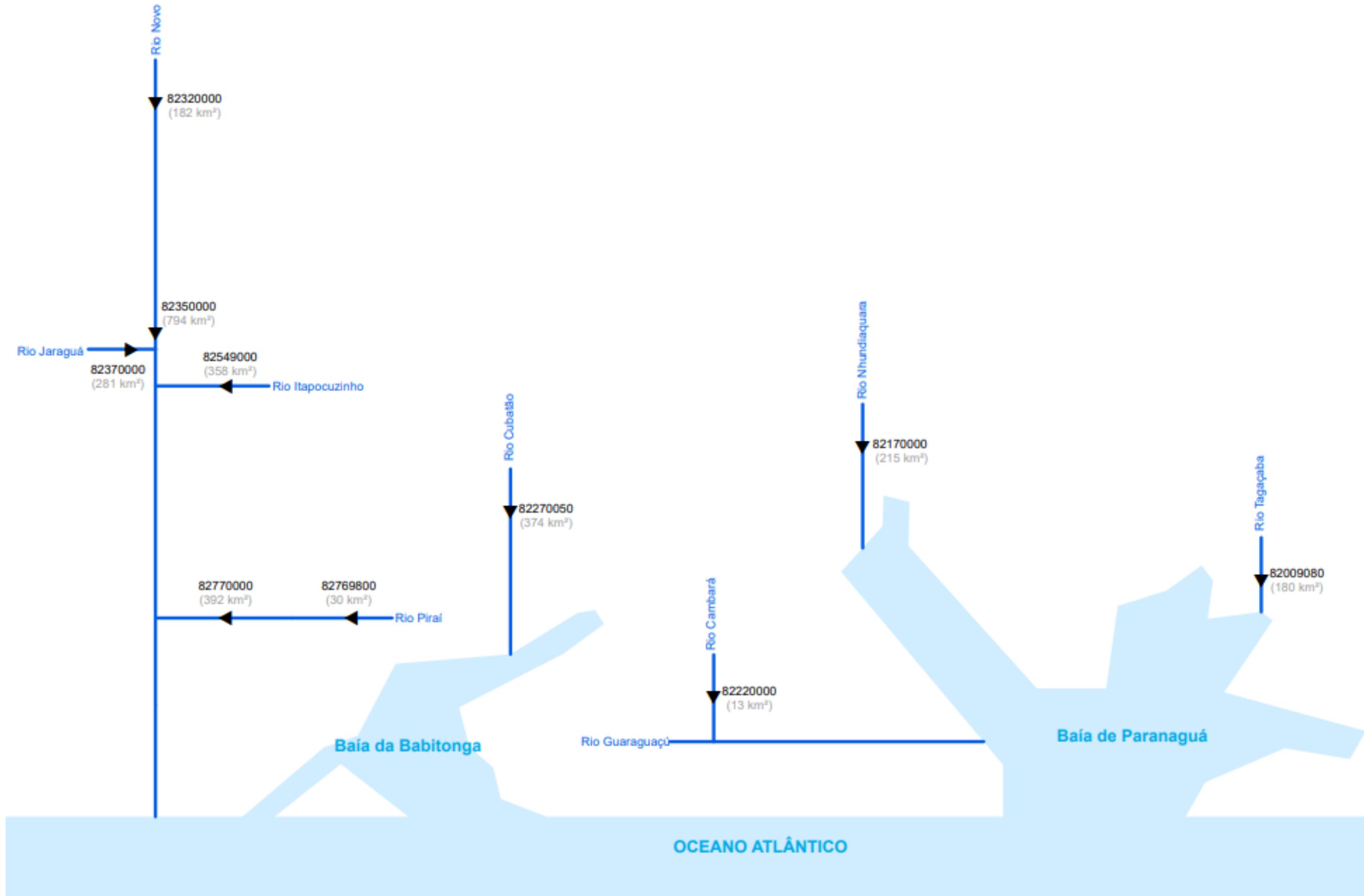
O modelo tem dois parâmetros para otimizar na calibração:

- $X_1$ : capacidade do tanque de produção (mm),
- $X_2$ : coeficiente de troca subterrânea (-).



# Modelo GR2M

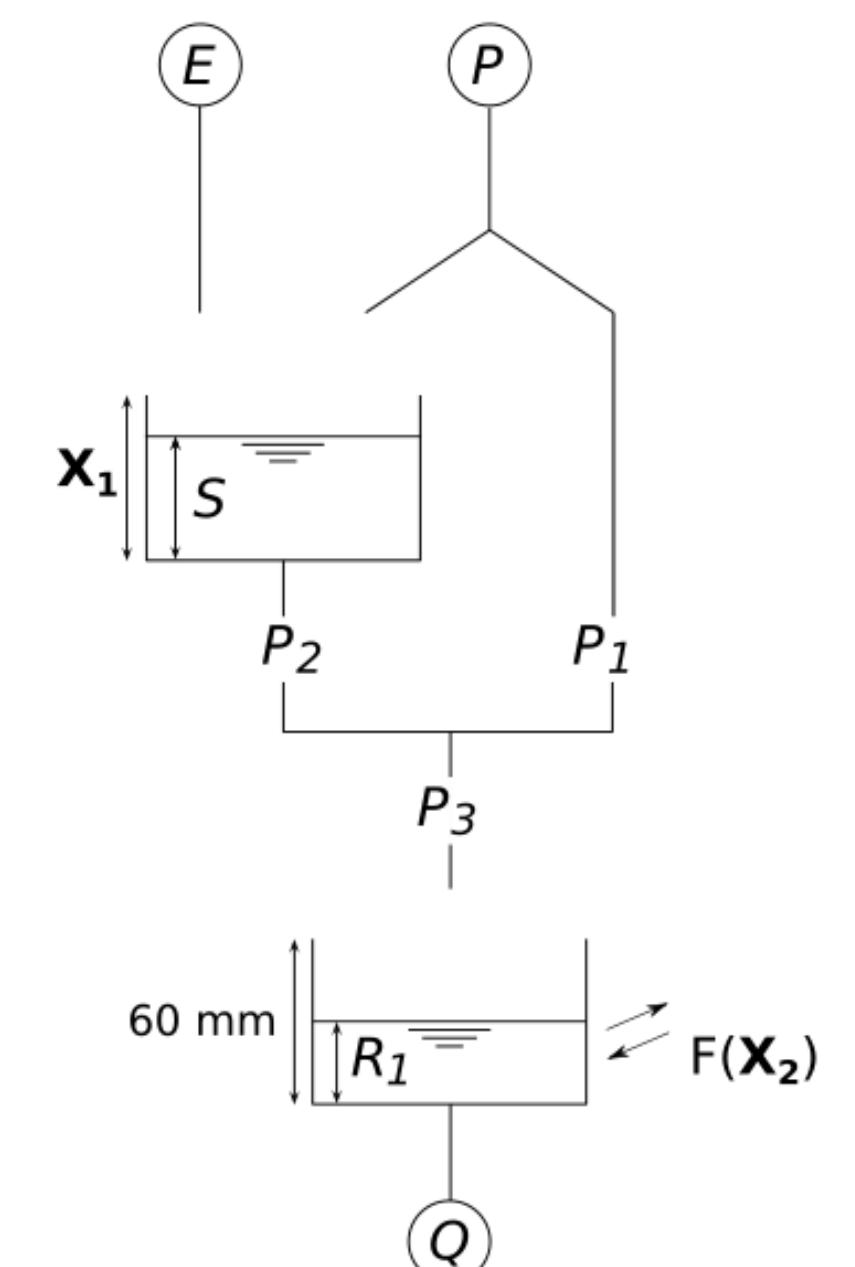
Aplicação do Modelo GR2M para a bacia do rio Cambará, afluente do rio Guaraguaçu (litoral do Paraná).



Évaporation

Réservoir de production

Réservoir de routage



# **Aplicação do Modelo GR2M na Bacia do rio Cambará**

Aplicação do Modelo GR2M para a bacia do rio Cambará, afluente do rio Guaraguaçu (litoral do Paraná).

Atividade usando o Google Colaboratory.