

---

# Processos Hidrológicos

CST 318 / SER 456

Tema 1 - Introdução  
ANO 2017

Camilo Daleles Rennó  
Laura De Simone Borma  
<http://www.dpi.inpe.br/~camilo/prochidr/>

# Hidrologia

---

Definição: é a ciência que estuda a distribuição, circulação e comportamento da água no sistema terrestre. Também estuda suas propriedades físico-químicas e sua interação com o meio ambiente (biótico e abiótico).

Hidrometeorologia - estudo da água na atmosfera

Oceanografia - estudo dos oceanos

Limnologia - estudo de águas interiores (lagos e reservatórios)

Fluviologia - estudo de rios e cursos d' água

Glaciologia - estudo da água na forma de neve e gelo

Hidrogeologia - estudo das águas subterrâneas

# Hidrologia e Processos Hidrológicos

---

- Aplicações

- Planejamento, construção e operação de projetos de aproveitamento de recursos hídricos (usinas hidrelétricas, controle de cheias, abastecimento de água, navegação, irrigação, etc.)
- Entendimento dos impactos das mudanças no uso e ocupação da terra
- Entendimento dos impactos das mudanças climáticas
- Alertas de eventos extremos
- Ecohidrologia

- Ferramentas

- Observações - medições *in situ* e dados derivados de sensores remotos
- Modelagem hidrológica - várias escalas (espaciais e temporais) de entendimento e previsão dos processos

# Multidisciplinaridade da Hidrologia

---

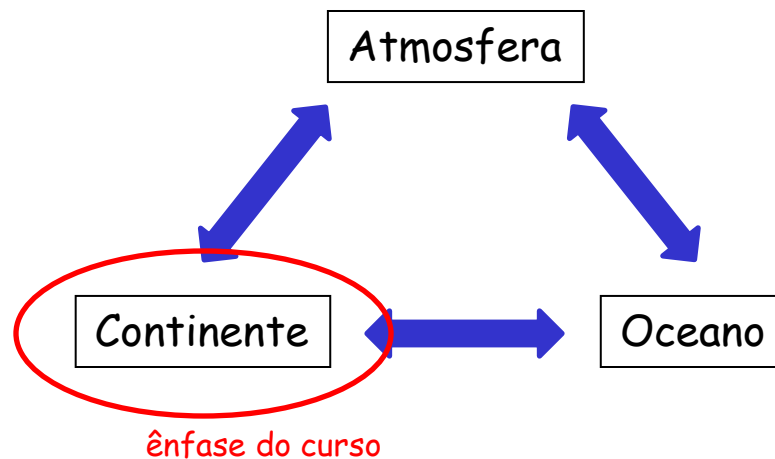
- Precipitação e evaporação - Meteorologia
- Infiltração e percolação - Ciência dos Solos
- Água subterrânea - Geologia
- Escoamento superficial - Geomorfologia
- Vazão de rios - Mecânica de Fluidos
- Qualidade de água - Química/Biologia
- Abastecimento/Saneamento - Engenharia Civil
- Produção de Energia, Irrigação, Navegação, etc...

# O Ciclo Hidrológico

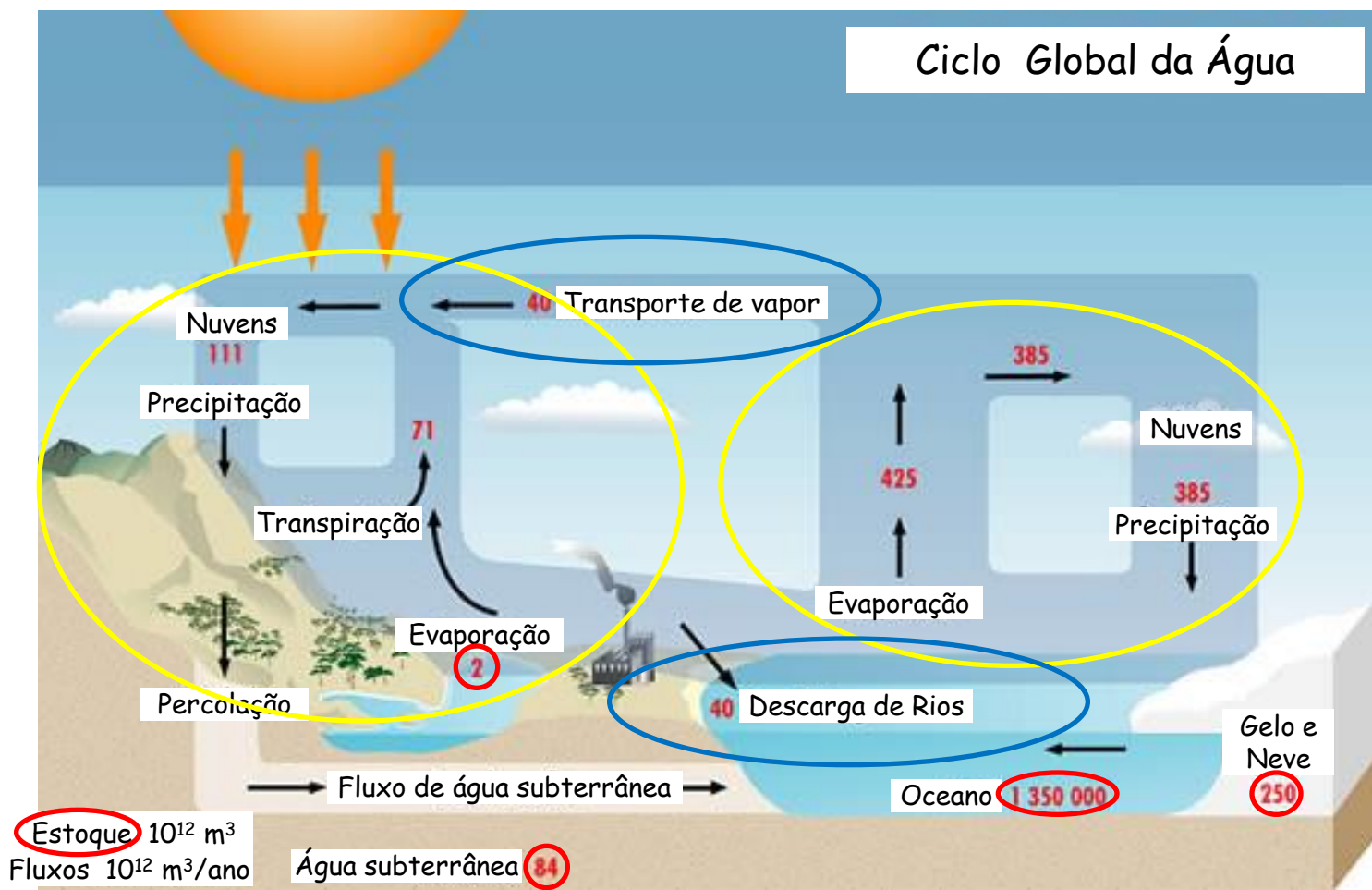
---

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação da água em suas 3 fases: gasosa (vapor), líquida (chuva e escoamento) e sólida (gelo e neve).

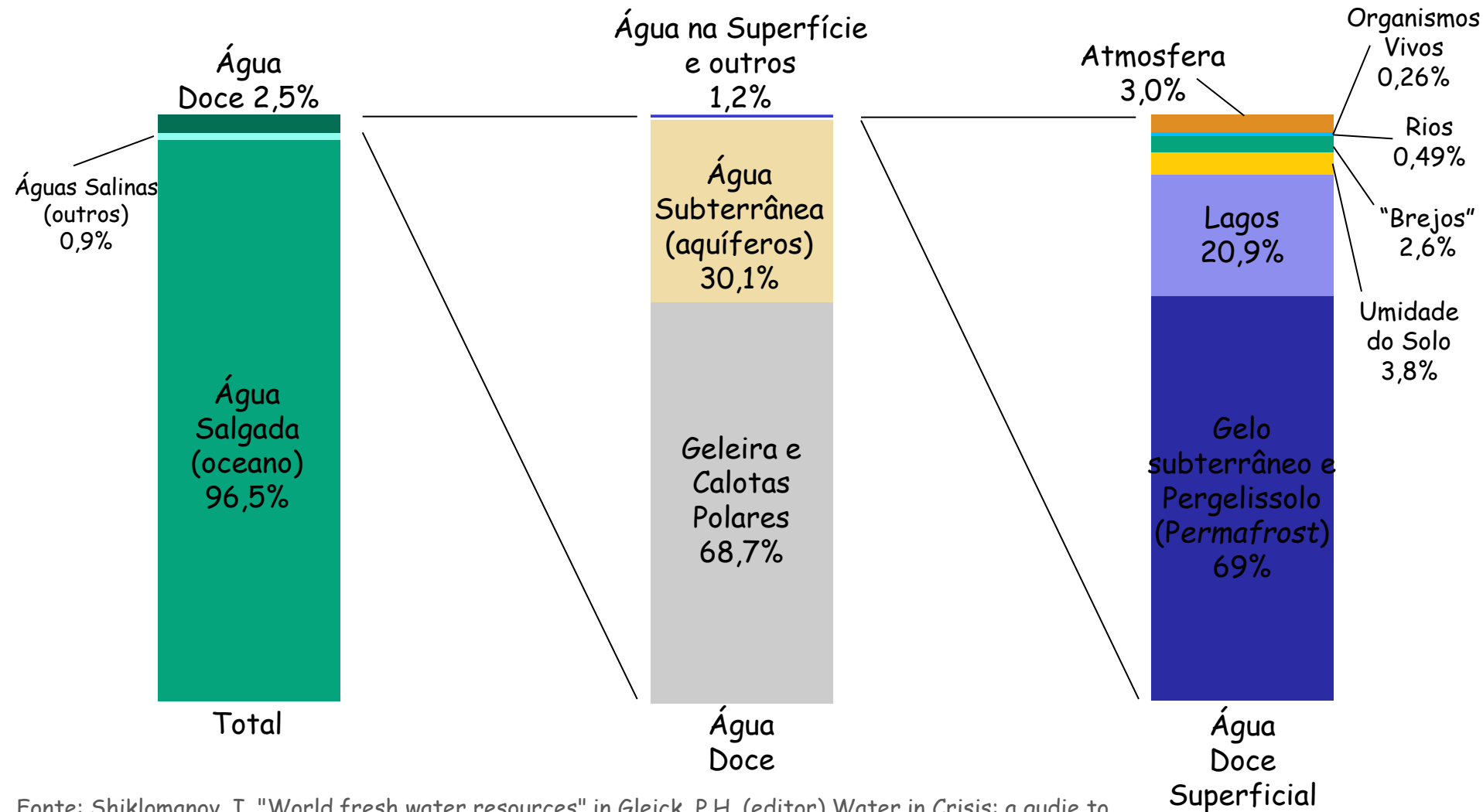
É um sistema fechado apenas em nível global.



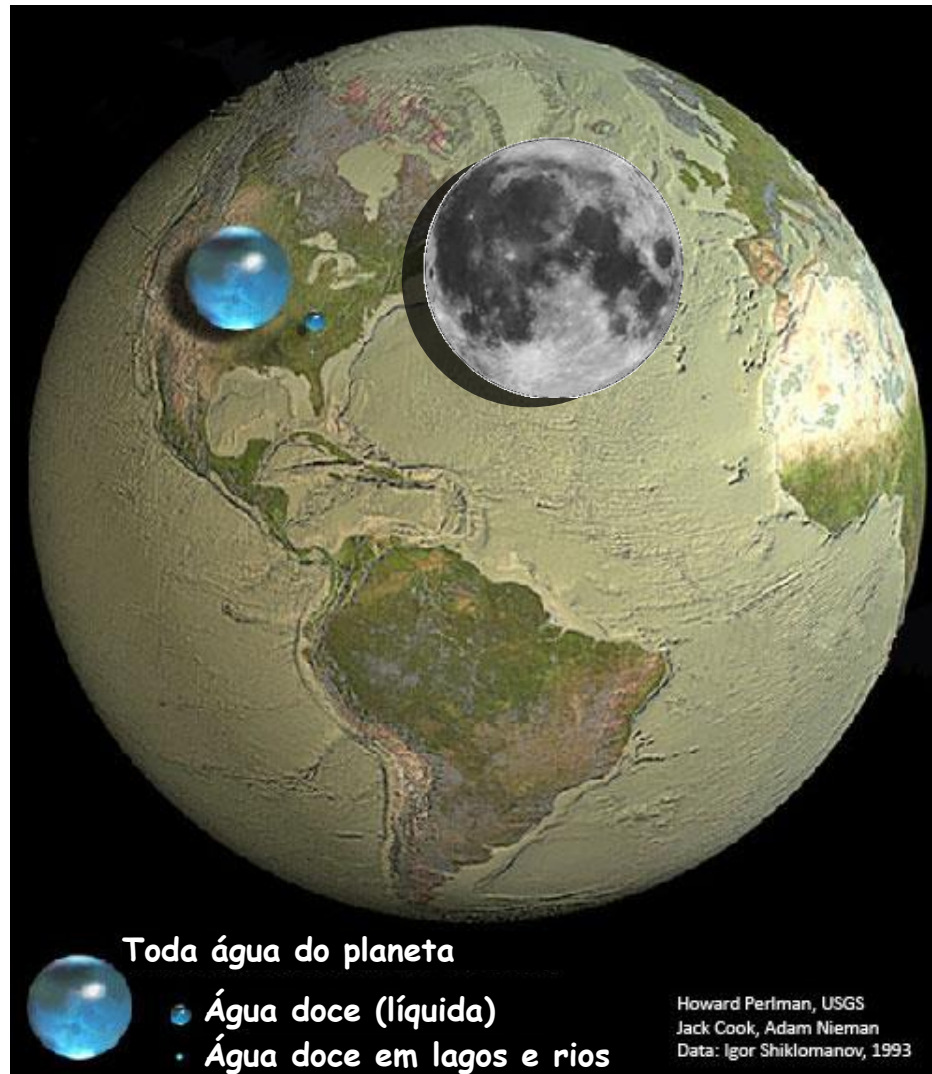
# O Ciclo Hidrológico Global



# Distribuição da Água no Mundo



# Distribuição da Água no Mundo



- (1) Toda a água do mundo:  
~1400 km diâmetro
- (2) Água doce no solo, lagos,  
áreas alagáveis e rios:  
~270 km diâmetro
- (3) Água doce em lagos e rios:  
~ 56 km - diâmetro



# Níveis de Detalhamento

## Escala Local (Pontual)

Interações entre a matriz de solo e os macroporos

Processos unidimensionais

## Escala de Vertente

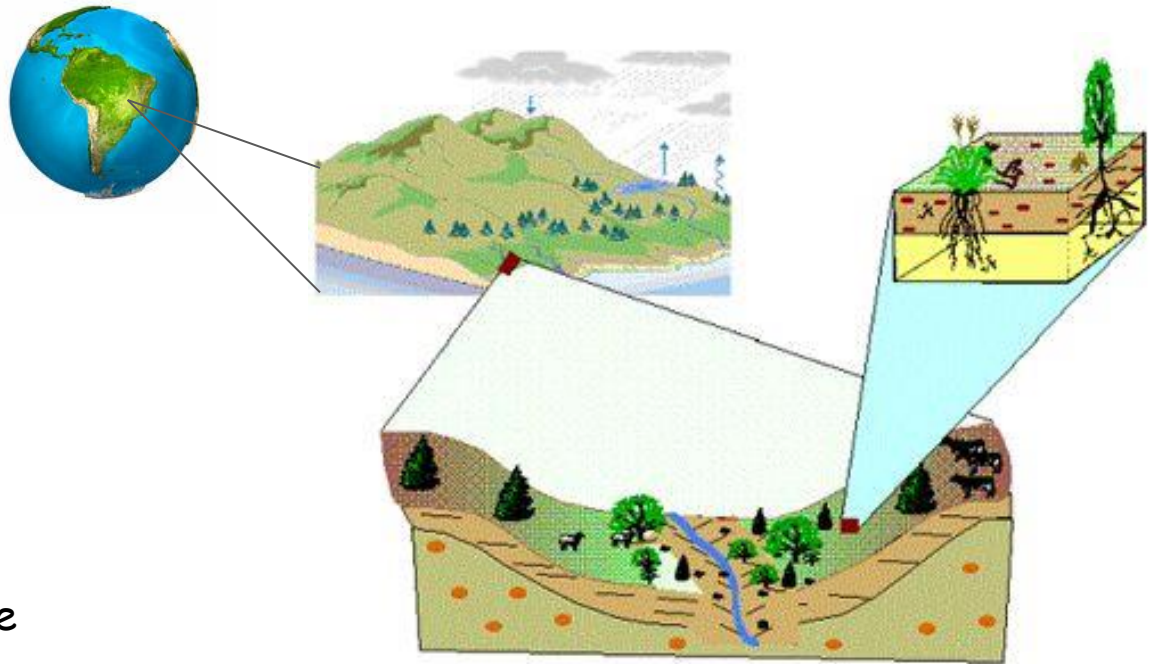
Mecanismos de geração de escoamento direto e de base

Processos bidimensionais

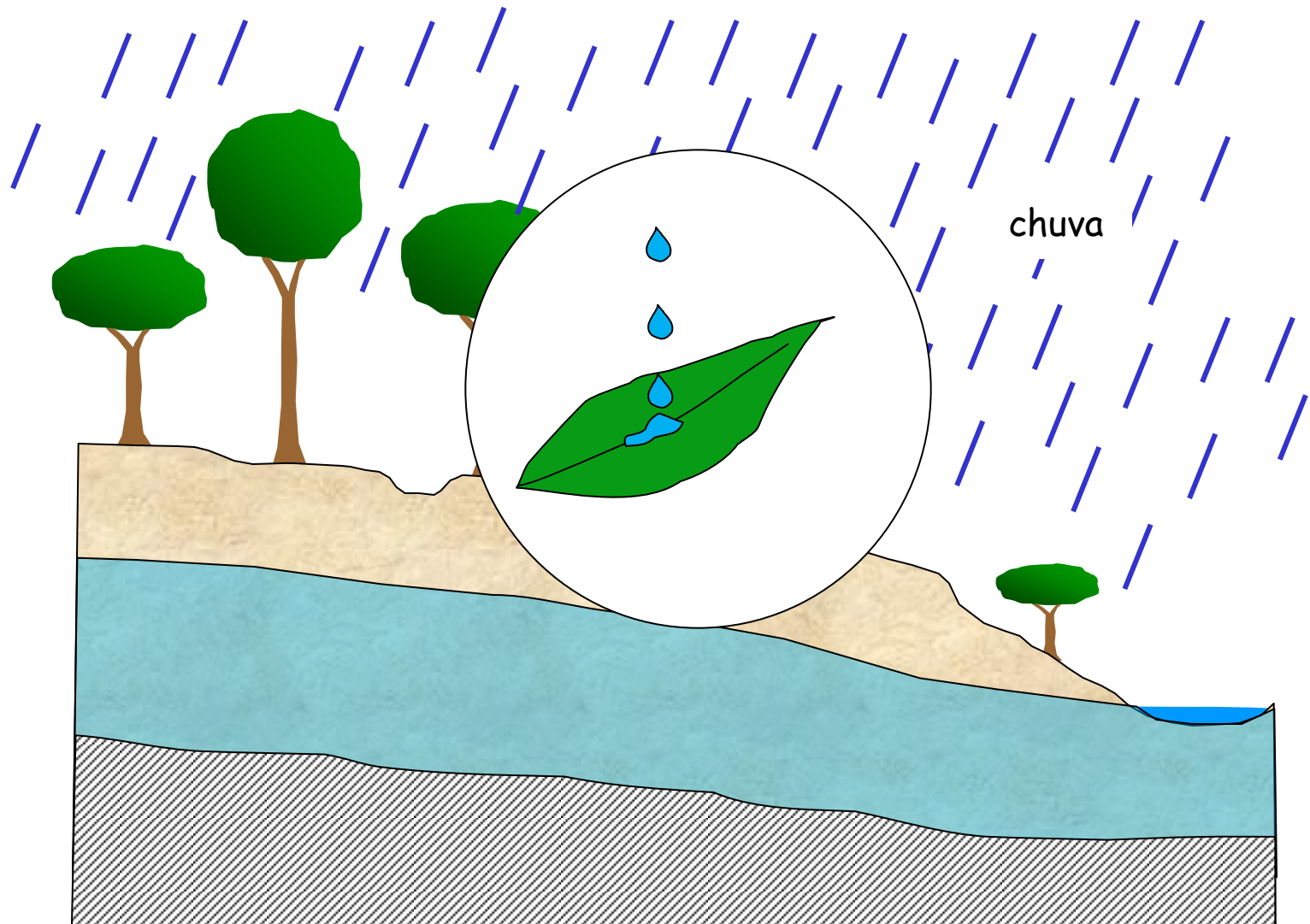
## Escala de Bacia Hidrográfica

Variação espacial e temporal de processos - recarga

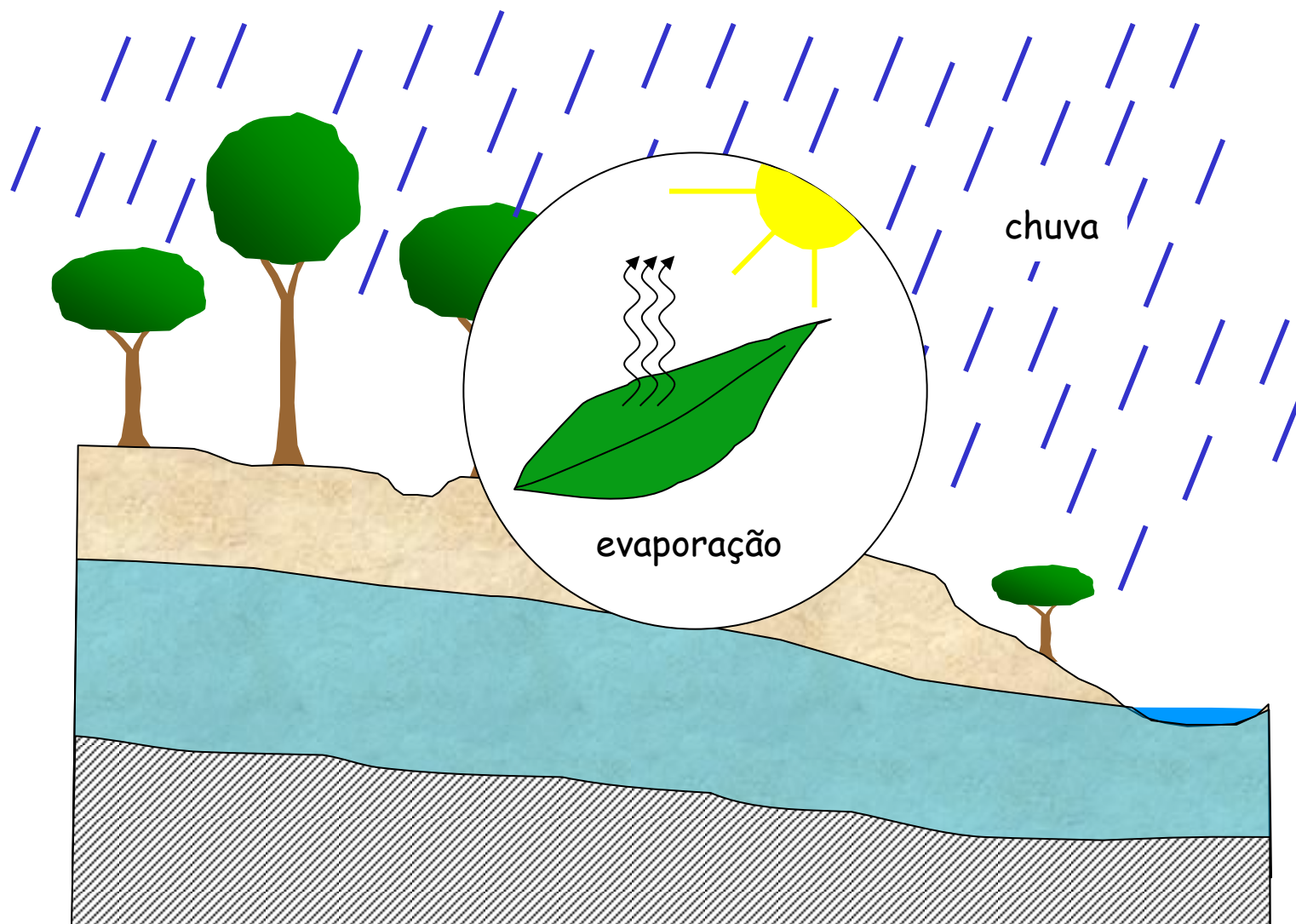
Processos tridimensionais



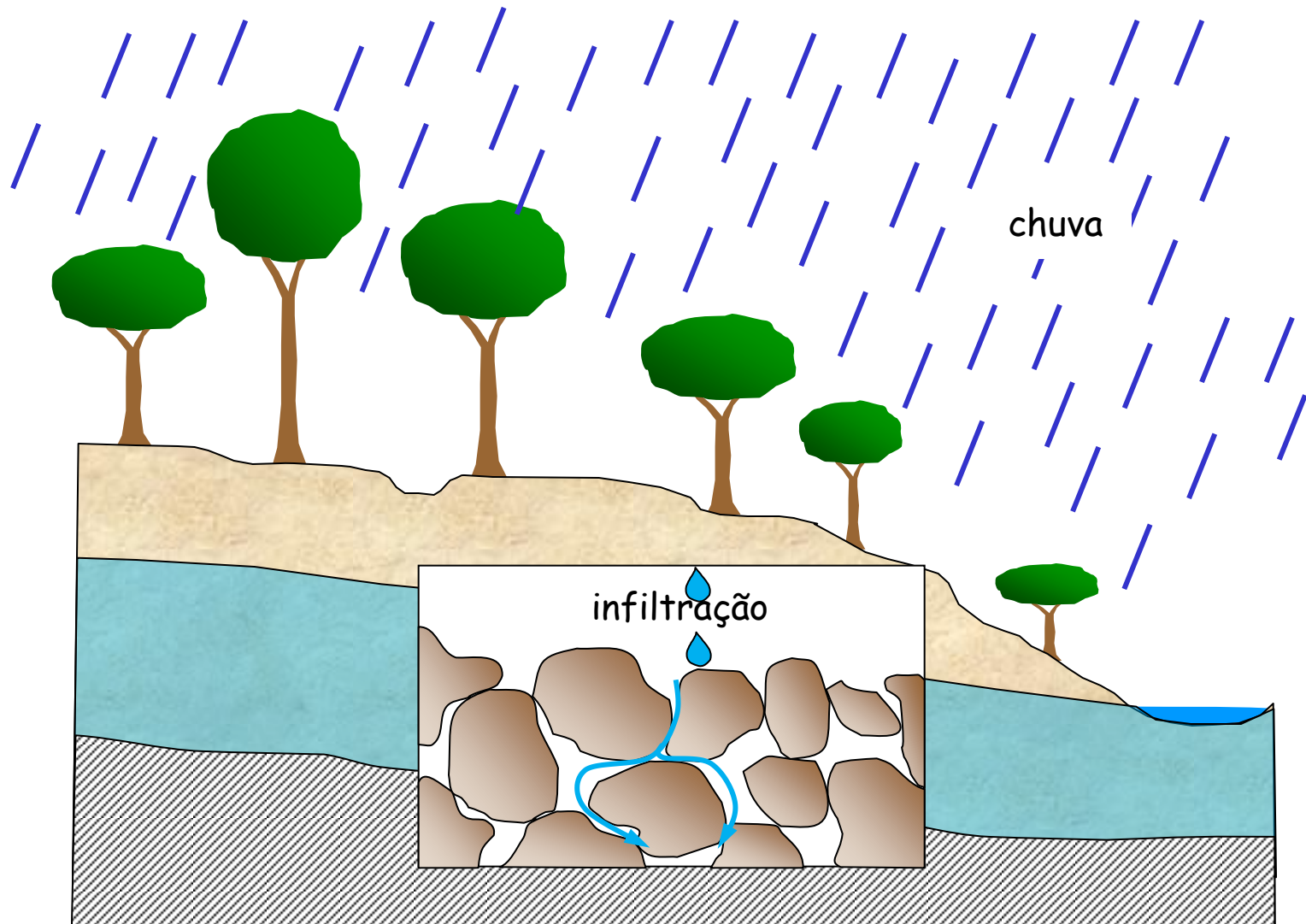
# Componentes do Ciclo Hidrológico



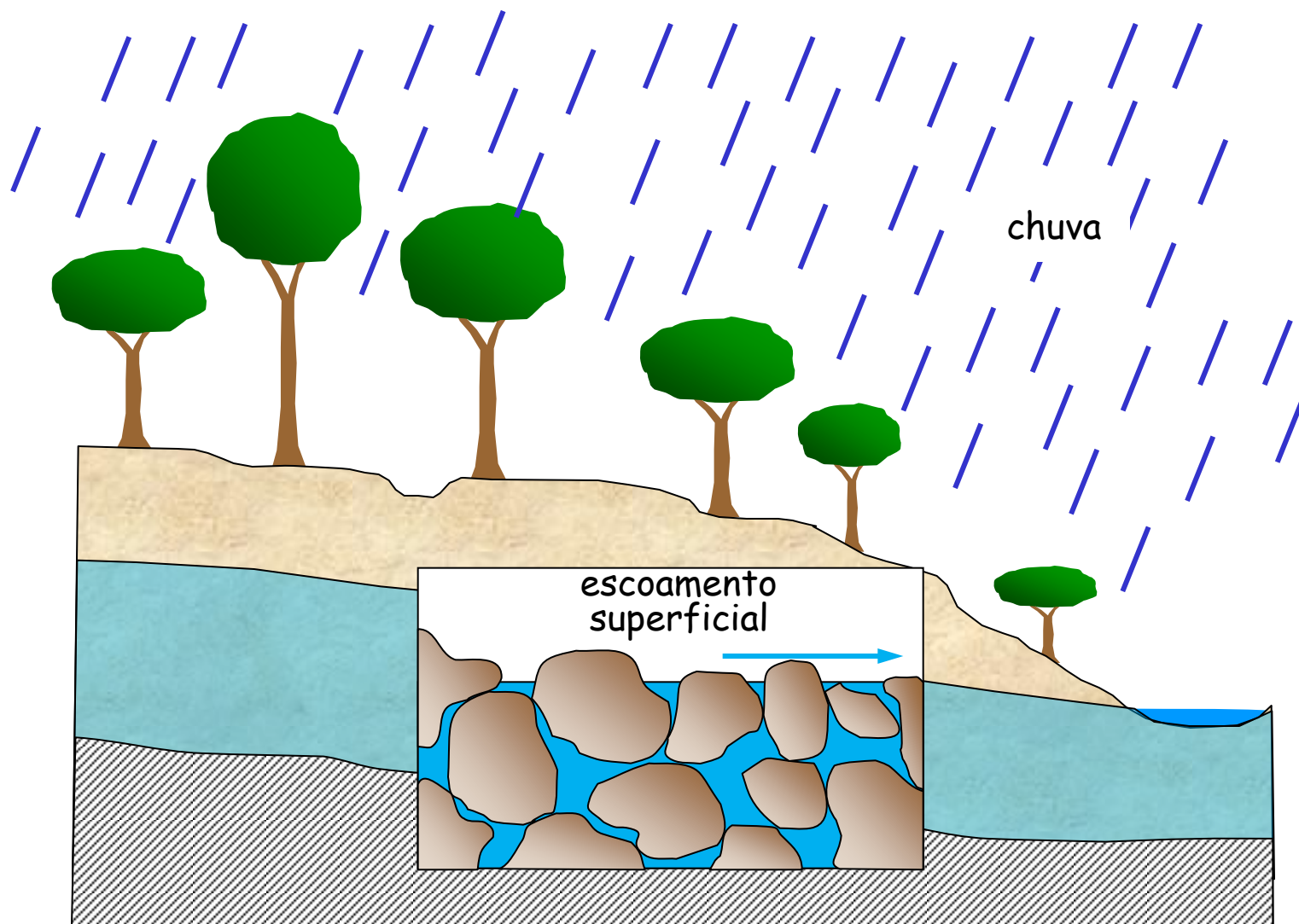
# Componentes do Ciclo Hidrológico



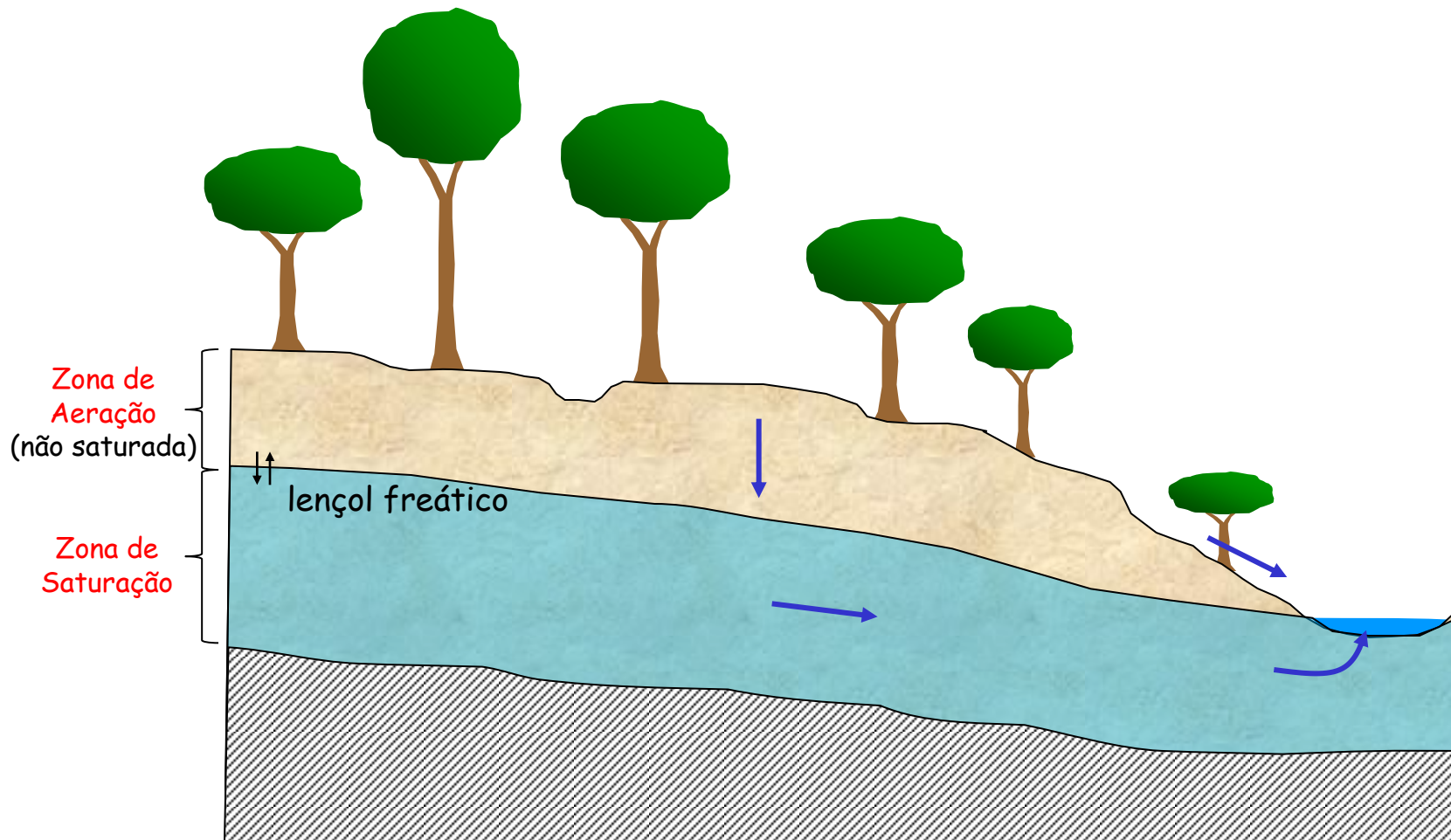
# Componentes do Ciclo Hidrológico



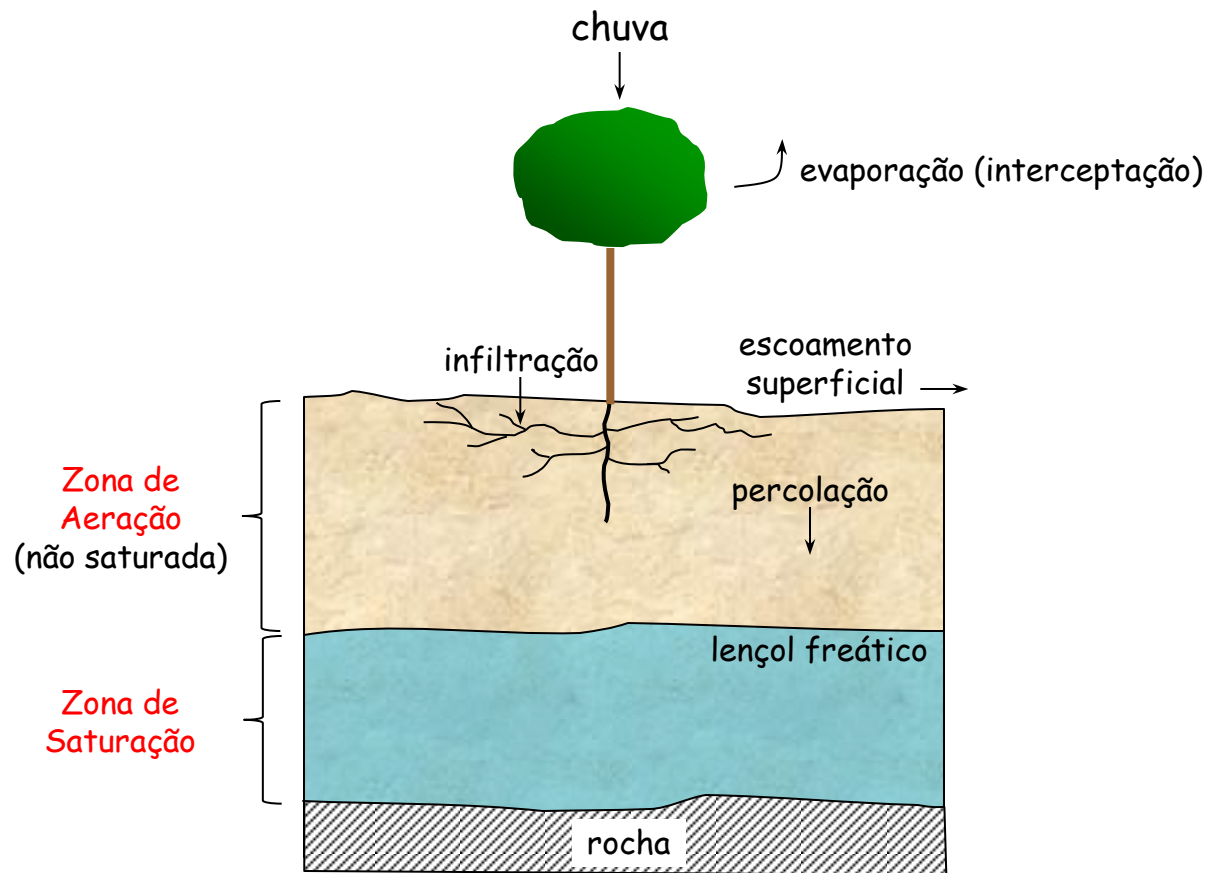
# Componentes do Ciclo Hidrológico



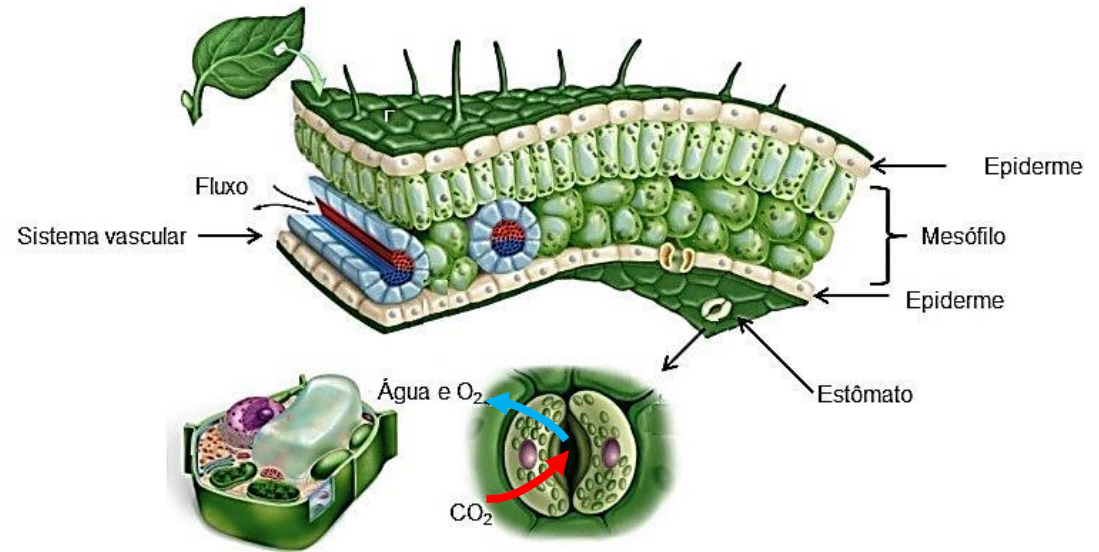
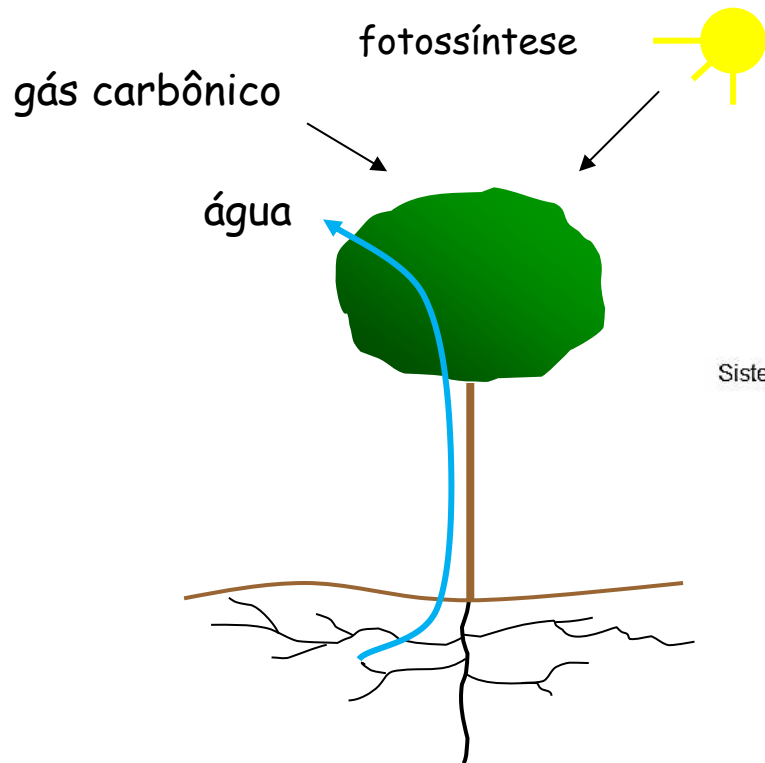
# Componentes do Ciclo Hidrológico



# Componentes do Ciclo Hidrológico

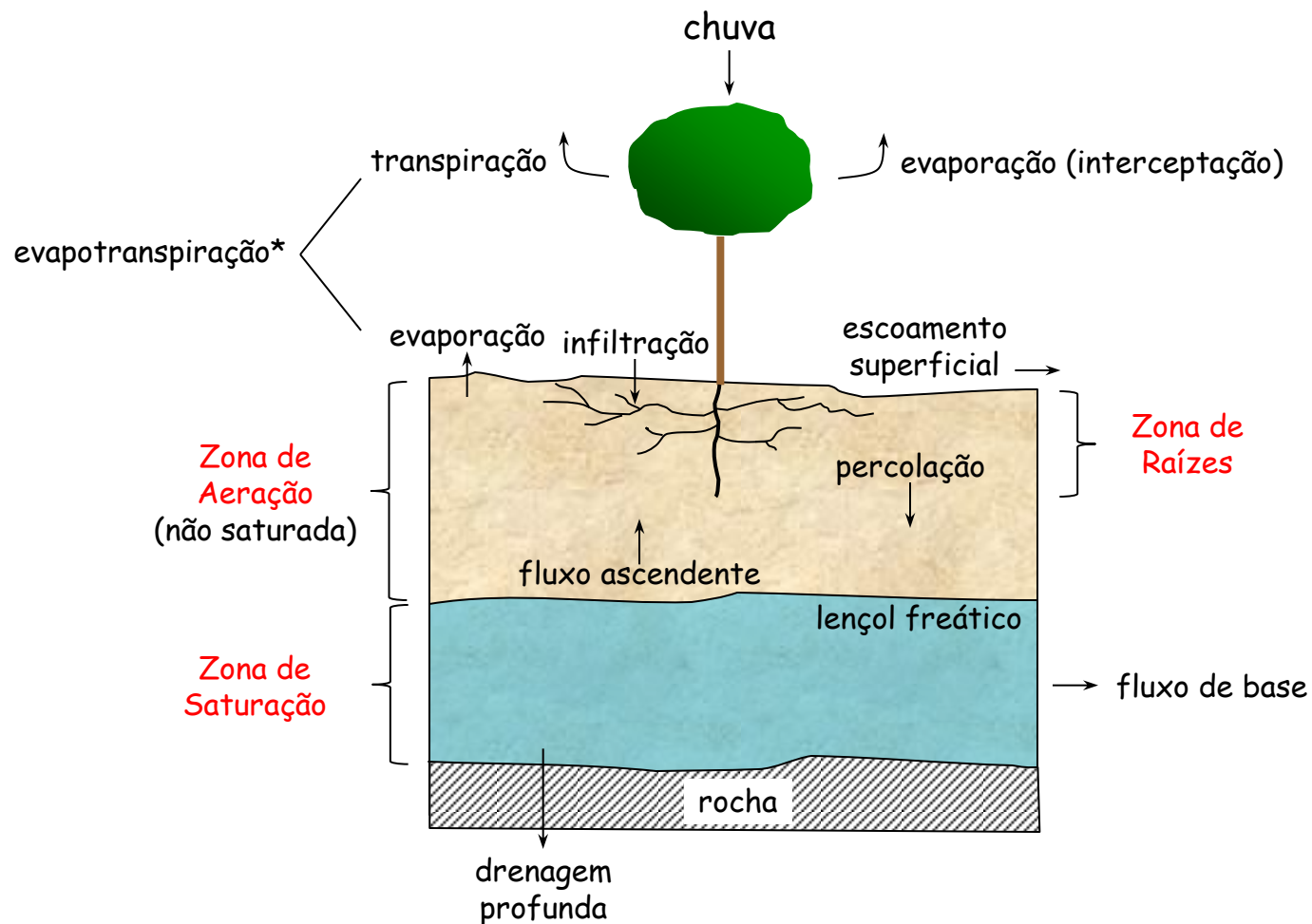


# Componentes do Ciclo Hidrológico



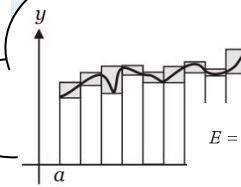


# Componentes do Ciclo Hidrológico



\* Alguns modelos consideram a evaporação por interceptação com parte da evapotranspiração

# Modelando um fenômeno...



$$E = k_v \lambda \int_a^{l+d} \frac{dx}{x^2} = k_v \lambda \left[ -\frac{1}{x} \right]_a^{l+d}$$
$$E = k_v \lambda \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{l+d} \right) = \frac{k_v Q}{d(l+d)}$$



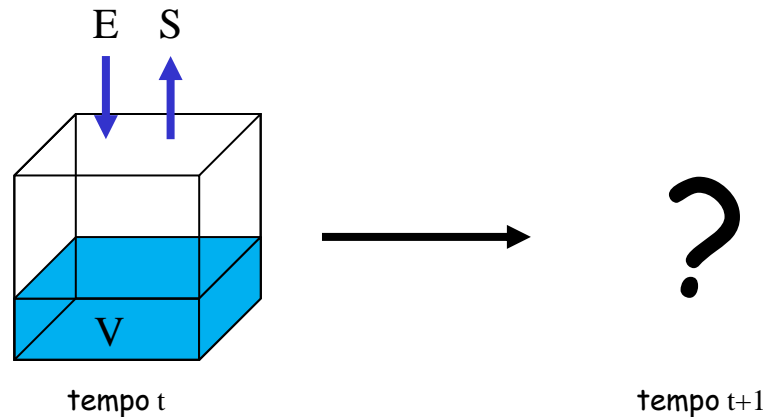
# Modelagem

## O que é um modelo?

- » É uma representação conceitual/matemática de um fenômeno
  - » Tipicamente o modelo irá tratar apenas de alguns aspectos do fenômeno estudado
- Um modelo é sempre uma simplificação da realidade!

### Modelo de Balanço de Água no Solo

$$\Delta V = E - S$$



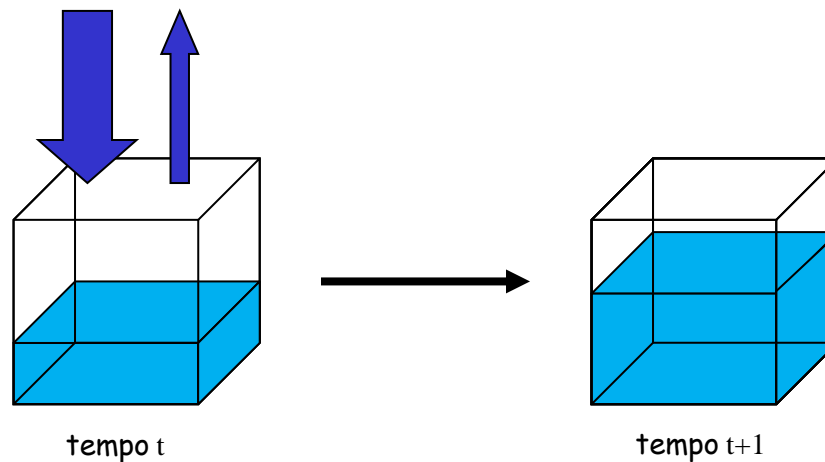
# Modelagem

## O que é um modelo?

- » É uma representação conceitual/matemática de um fenômeno
  - » Tipicamente o modelo irá tratar apenas de alguns aspectos do fenômeno estudado
- Um modelo é sempre uma simplificação da realidade!

### Modelo de Balanço de Água no Solo

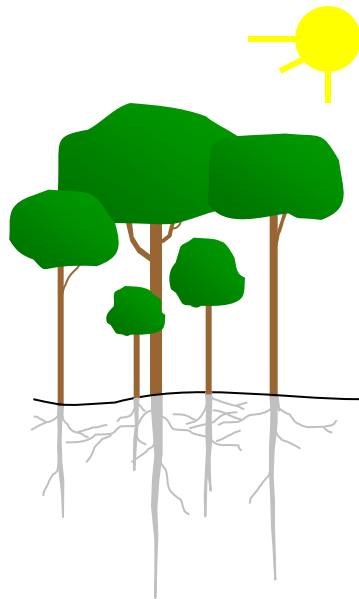
$$V_{t+1} = V_t + E_{t+1} - S_{t+1}$$



# Modelagem Hidrológica

---

## processos ambientais



Realidade:

- » fenômenos tridimensionais e dinâmicos
- » variações contínuas no espaço e no tempo
- » comportamentos não lineares
- » componentes aleatórios
- » múltiplas escalas de tempo e espaço

Como representar estes processos?

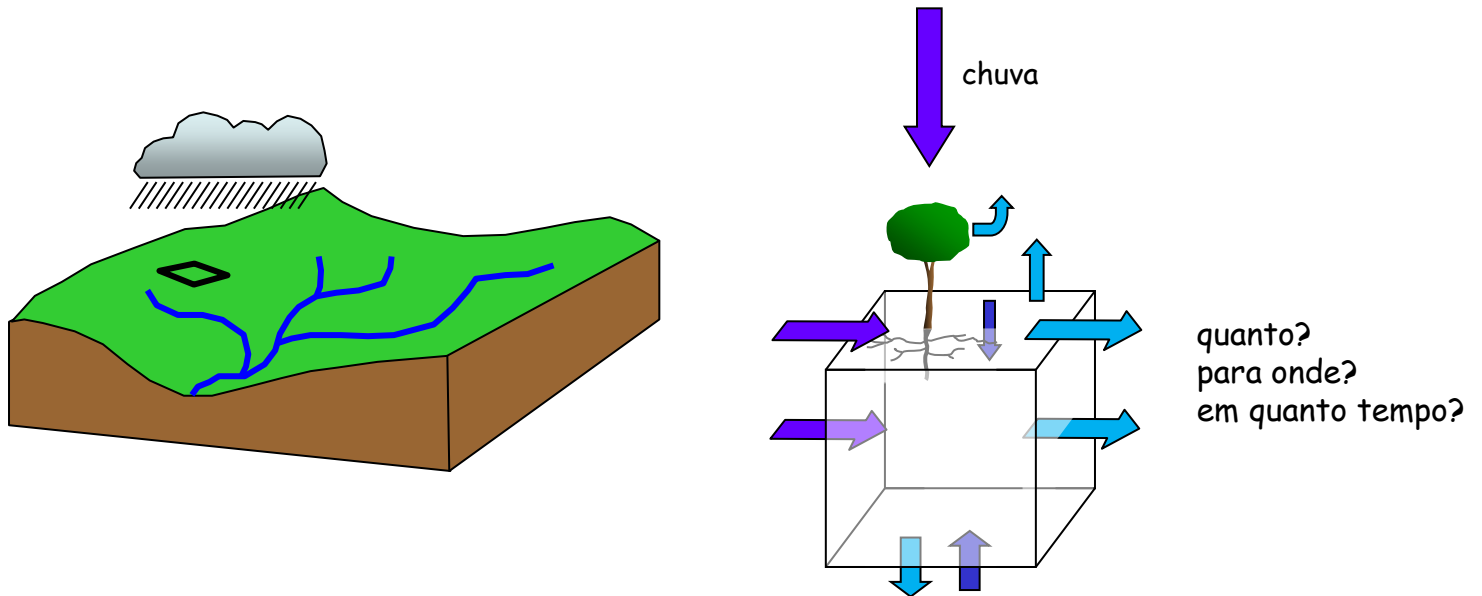
» simplificação «

# Modelagem

**Dois modelos de um mesmo fenômeno deveriam ser iguais?**

- » Não necessariamente
- » Cada modelo pode ter um objetivo diferente ou ainda ter diferenças conceituais ou de implementação decorrentes de decisões tomadas durante o desenvolvimento do modelo

## Modelo de Balanço de Água no Solo



# Modelagem

---

## Quais as etapas da modelagem?

- » Caracterizar o sistema na qual o fenômeno se insere
- » Fazer algumas suposições sobre como os vários componentes funcionam e interagem entre si
- » Traduzir tudo em equações/procedimentos e num programa de simulação
- » Determinar os valores de cada parâmetro (medidas reais, valores de referência ou calibração)
- » Fazer a validação

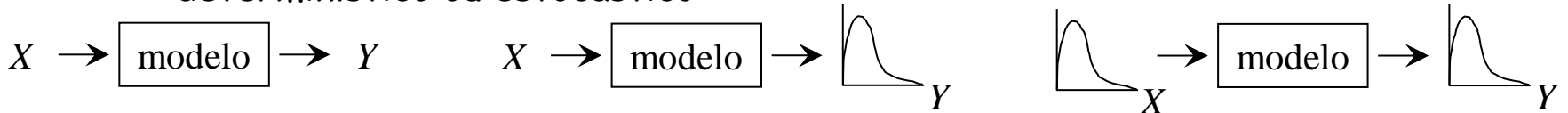
## O modelo é bom?

- » Explica observações passadas? Foi bem calibrado?
- » Prediz observações futuras? Foi validado?
- » É generalizável? É robusto? Pode ser aplicado em outros lugares/períodos?
- » Consegue estimar a incerteza dos resultados? Os resultados são confiáveis?
- » É simples? Necessita poucos dados de entrada/parâmetros?
- » É fácil de usar? Tem interface amigável?

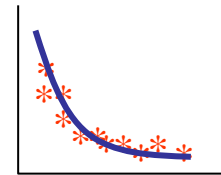
# Modelagem Hidrológica

## Classificação

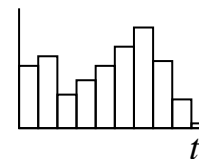
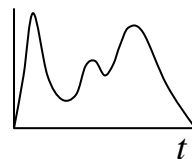
» determinístico ou estocástico



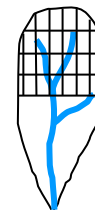
» baseado em processos ou empírico



» contínuo ou discreto (no tempo)



» concentrado ou distribuído (no espaço)



» estático ou dinâmico  $X_{t+1} = f(X_t)$



# Modelagem Hidrológica

