

# Sistema

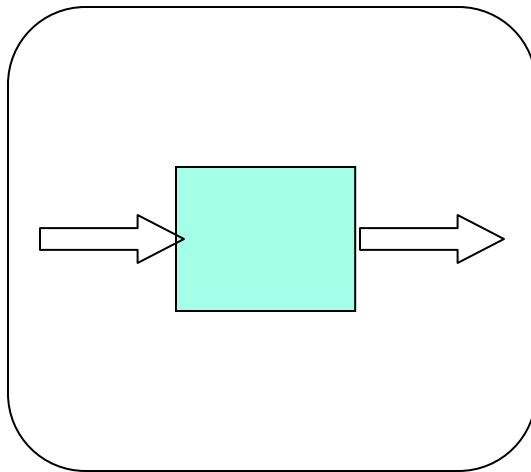
- Um conjunto de partes que interagem para funcionar como um todo.
- Um sistema quase sempre é definido tendo em vista um propósito específico. Os elementos do sistema são selecionados de acordo com o objetivo definido
- Os sistemas geralmente apresentam um padrão circular de causas e efeitos, chamados ciclos de retro-alimentação ("feedback").

# Alguns conceitos

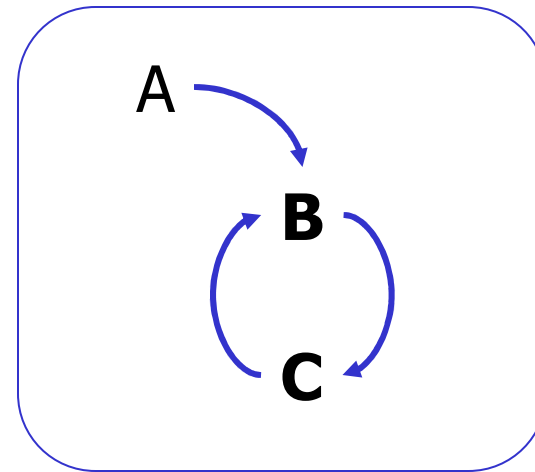
- Propriedades emergentes
- Estrutura e padrão
- Fronteras
- Sub Sistemas
- Equilibrio, equilibrio dinâmico
- Estado transiente
- Oscilações e homeostase

# Representações de sistemas

Entradas e Saídas



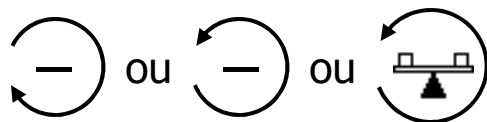
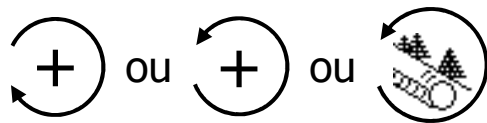
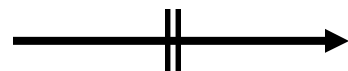
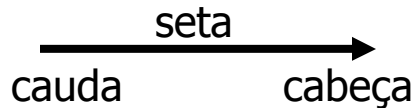
Dinâmica



# Diagrama de ciclos causais

- Diagrama representando ciclos fechados de relações de causa e efeito (ciclos causais), que exprime a maneira como as variáveis do sistema se relacionam.

# Simbologia dos ciclos causais

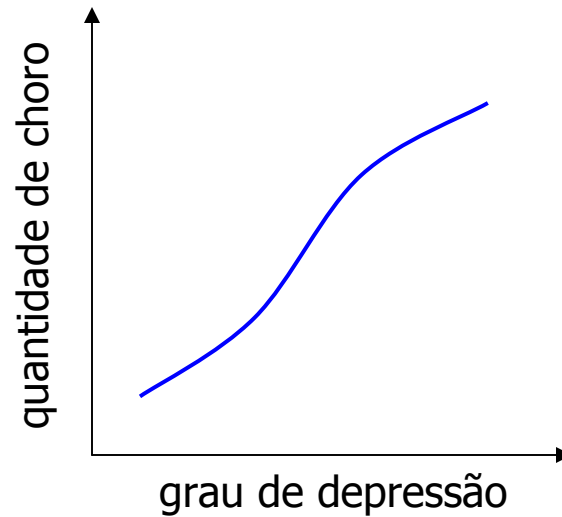
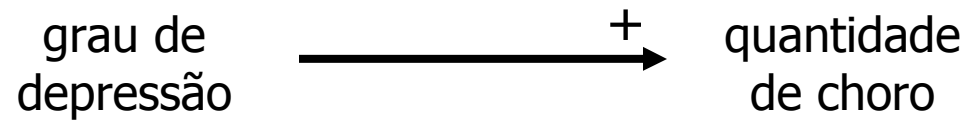


- Seta: relação causal
  - Cauda: causa
  - Cabeça: efeito
- Seta +: efeito varia no mesmo sentido da causa
- Seta -: efeito varia no sentido oposto à causa
- Atraso: o efeito só acontece um certo tempo depois da causa
- Ciclo de “feedback” positivo: perturbações tendem a ser amplificadas
- Ciclo de “feedback” negativo: perturbações tendem a ser compensadas

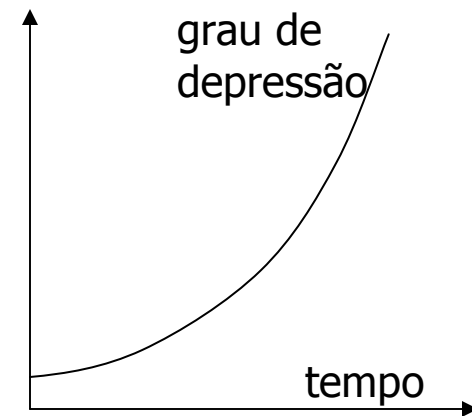
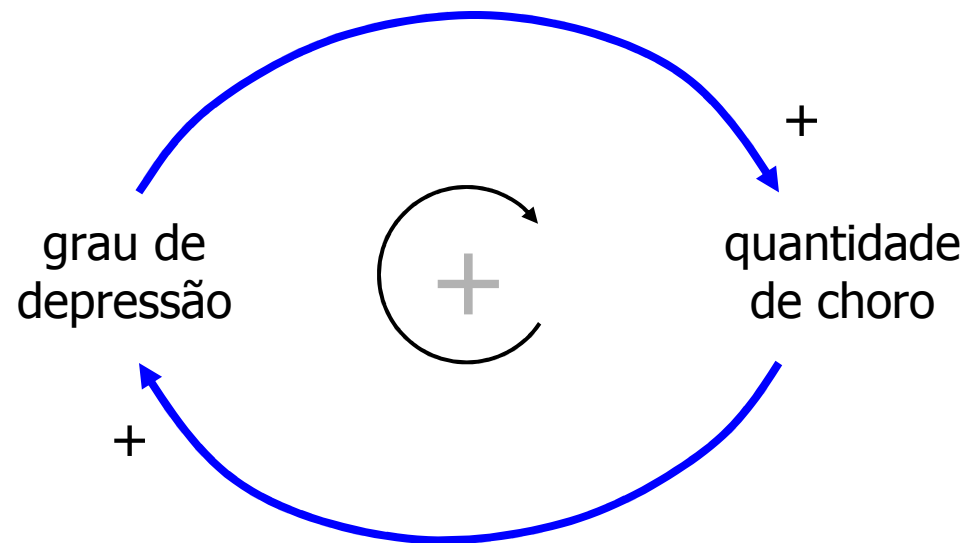
# Causa/seta positiva

Sistema: chorar

Elementos: depressão  
choro



# Feedback positivo: crescimento

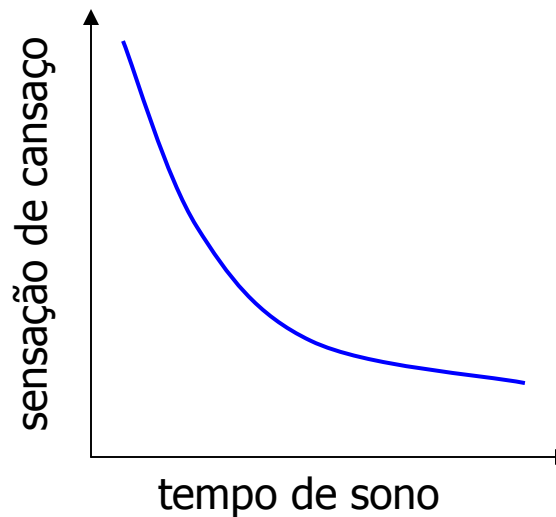


# Causa/seta negativa

Sistema: Dormir

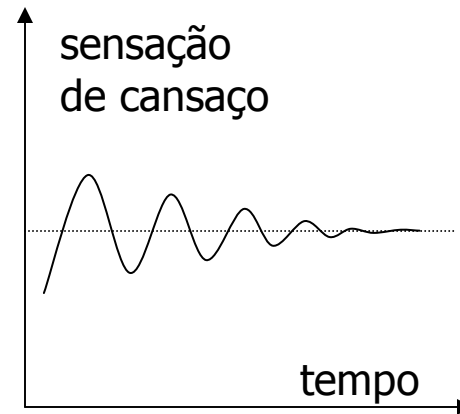
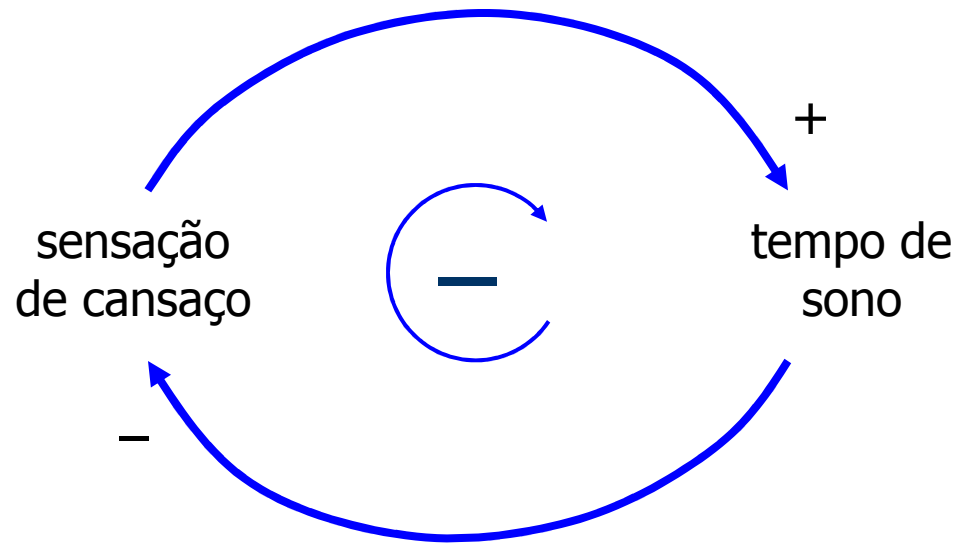
Elementos: Cansaço

Tempo de sono





# Feedback negativo: equilíbrio



# Equilíbrio com atraso

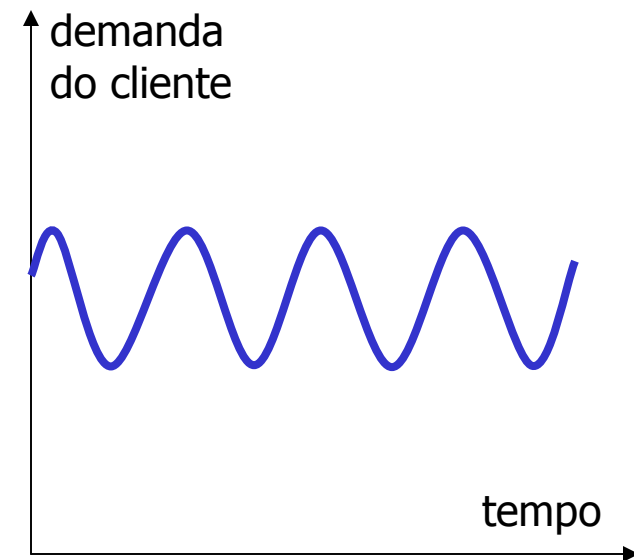
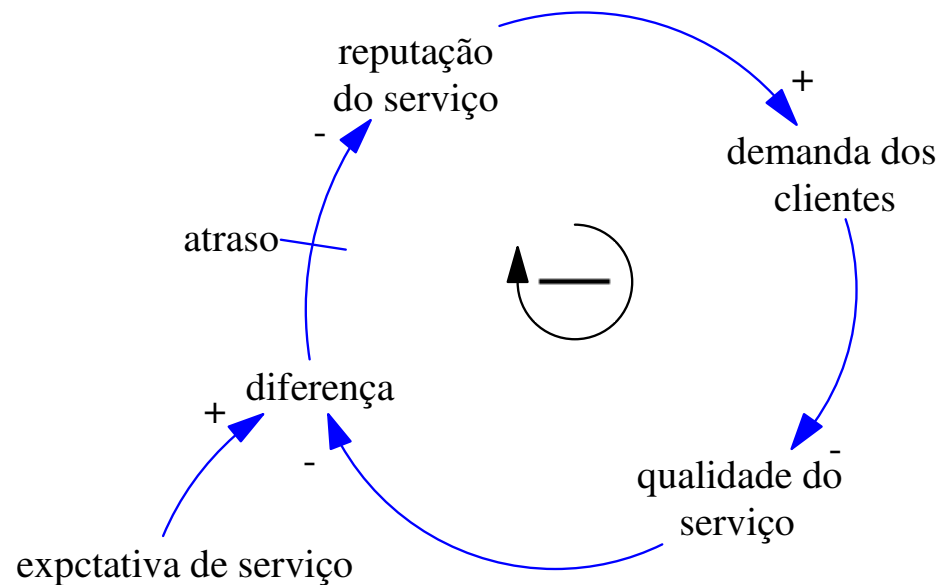
Sistema: Prestação de serviço

Elementos: Clientes

Reputação

Expectativa

Qualidade

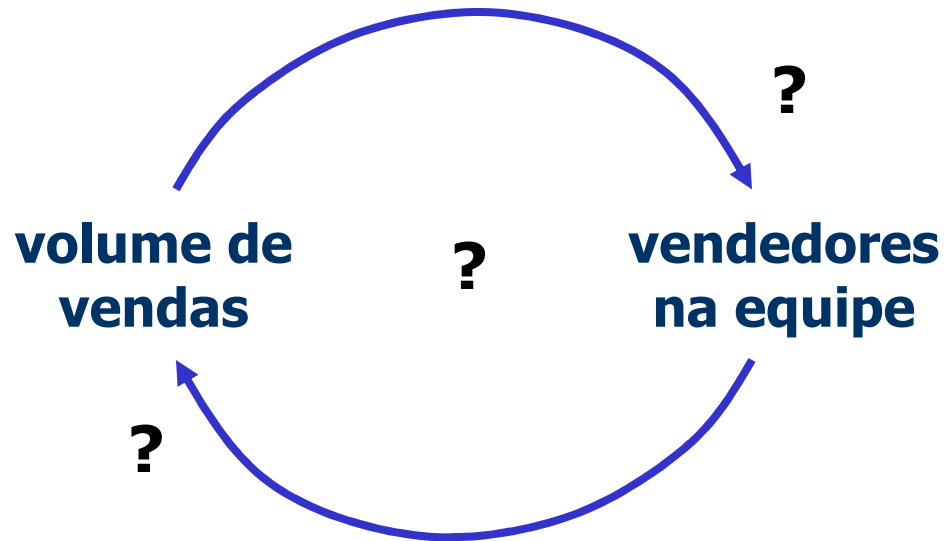


# Equipe de vendas

Sistema: Equipe Vendas

Elementos: Volume de vendas

N. Vendedores



# Oferta de empregos

Sistema: Oferta de empregos

Elementos: N. Imigrantes

N. de vagas de emprego



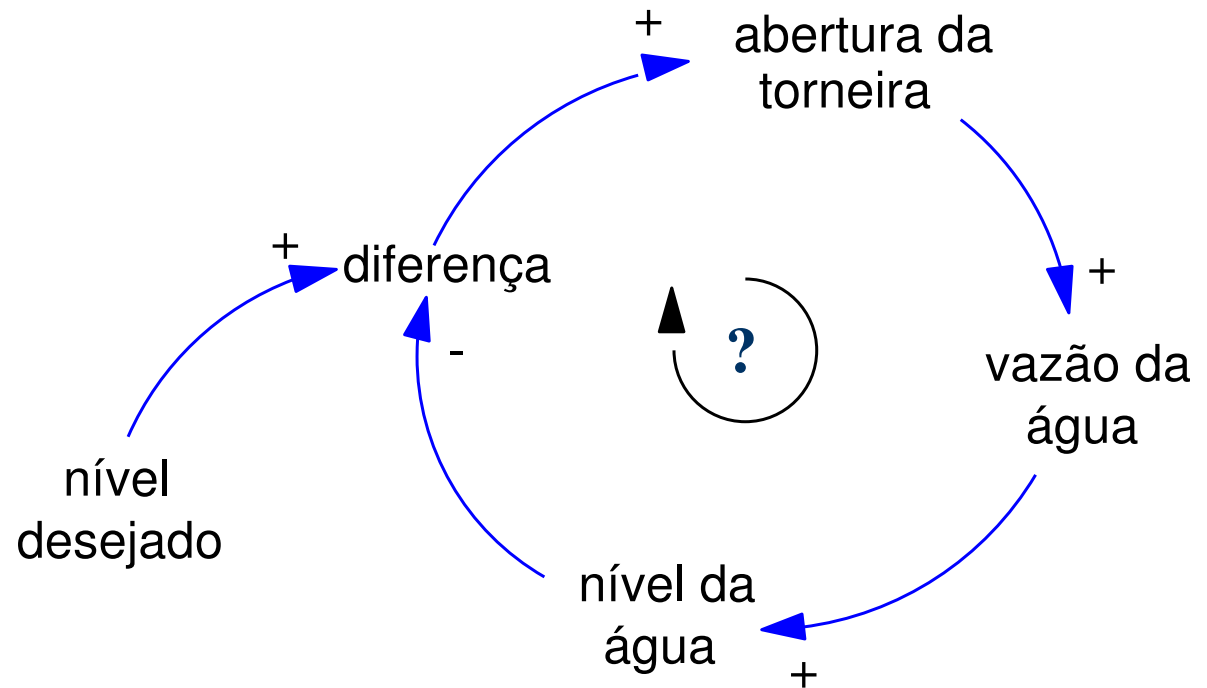
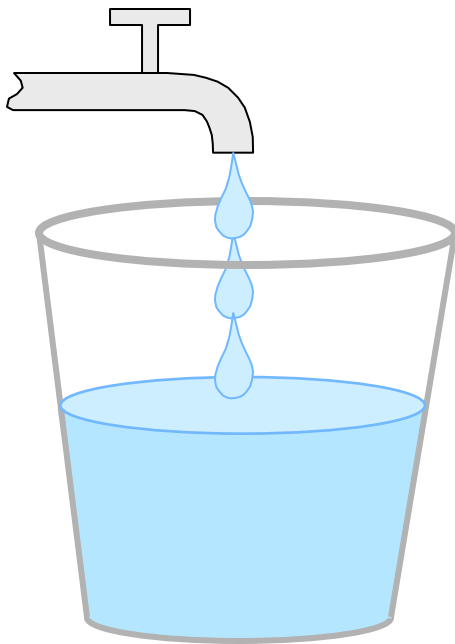
# Encher um copo de água

Sistema: Copo de água

Elementos: Vazão da água

Abertura da torneira

Tamanho do copo (nível desejado)



# 5 passos para ciclos causais

1. Identifique os elementos;
2. Ligue os elementos com setas da causa para o efeito;
3. Determine o sentido do efeito de cada seta: “+” se for o mesmo, “-” se for oposto;
4. Indique os atrasos;
5. Identifique os feedbacks positivos e negativos.

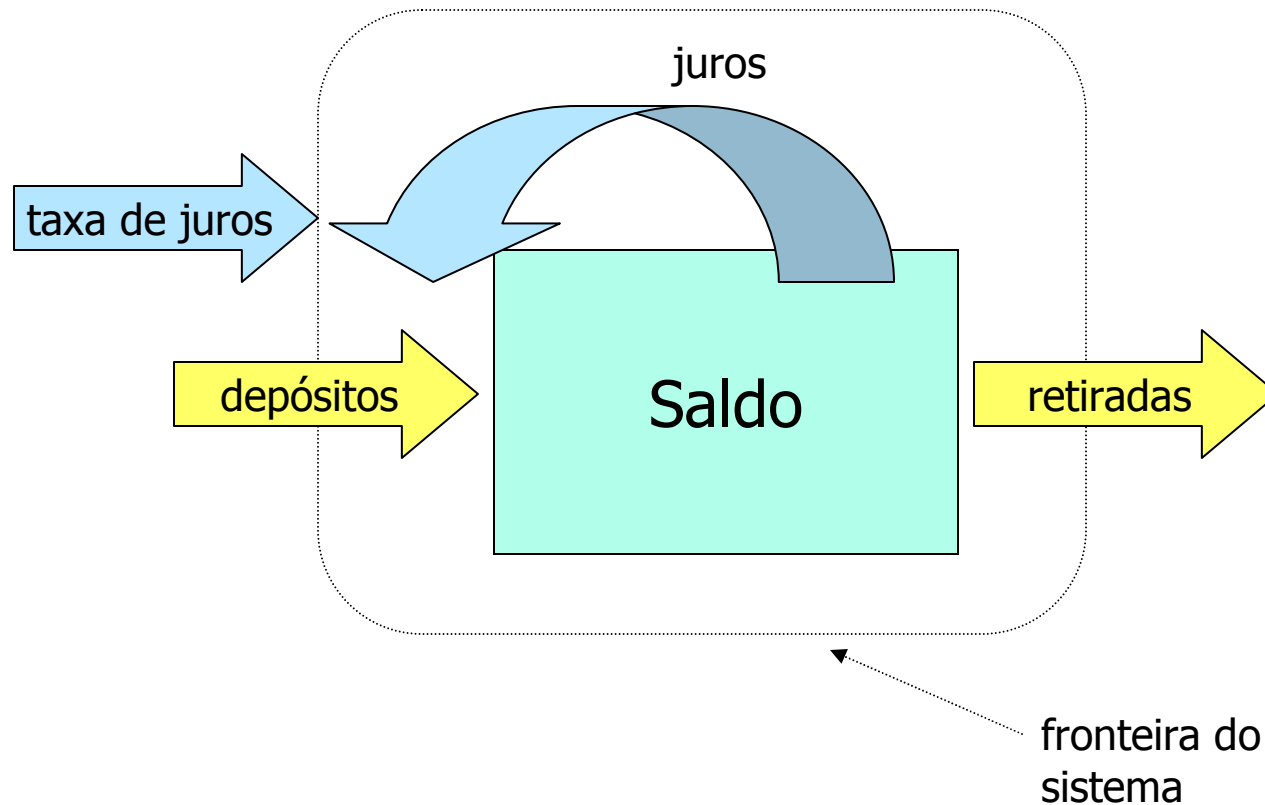
# Conta de poupança

Sistema: conta de poupança

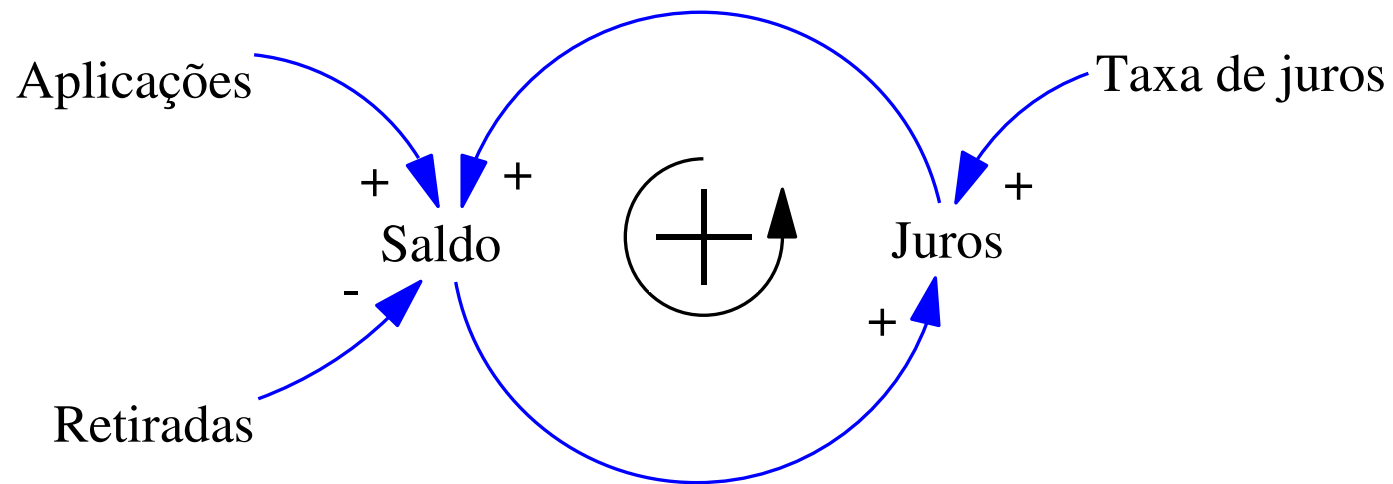
Elementos: depósitos

retiradas

taxa de juros

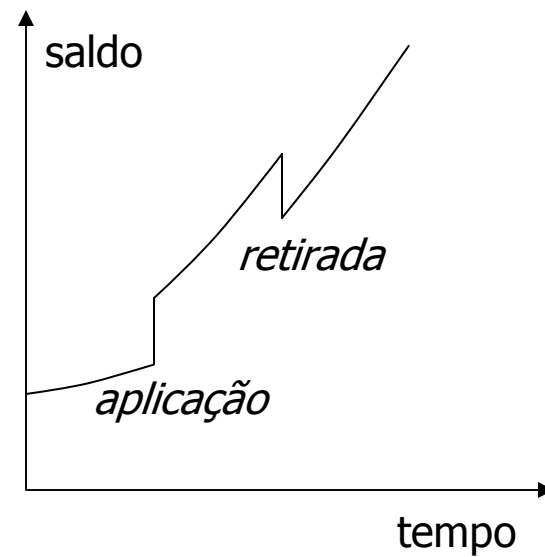
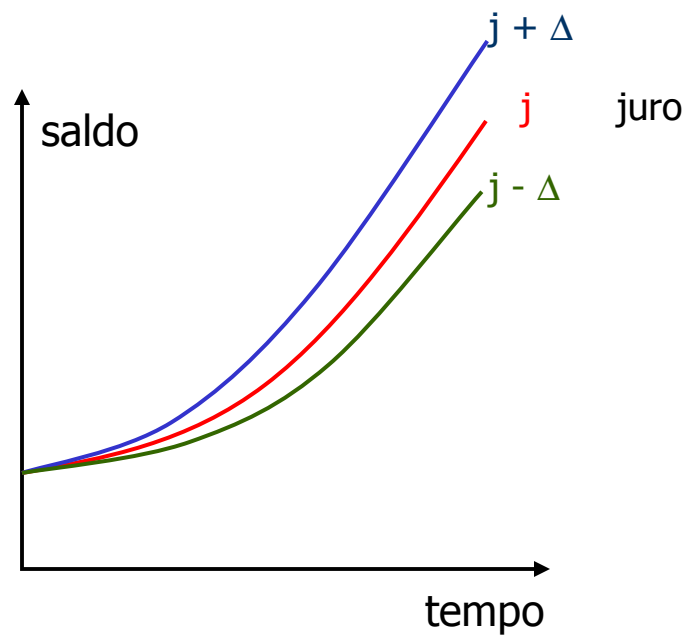


# Diagrama de causas

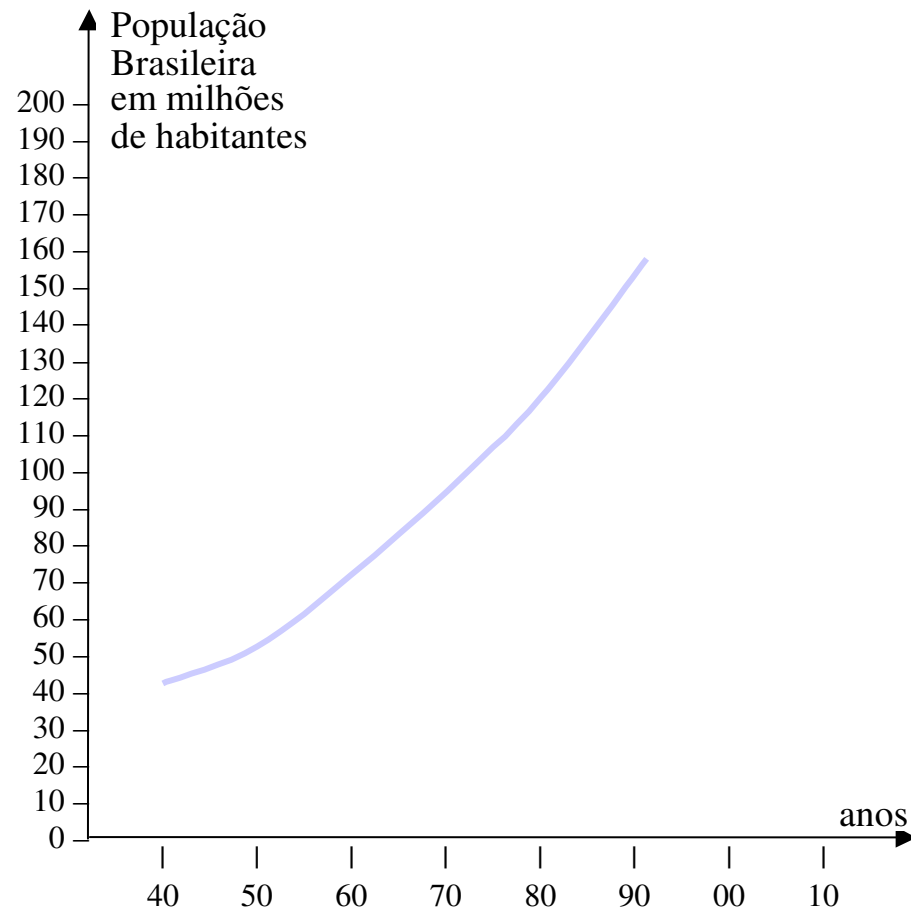




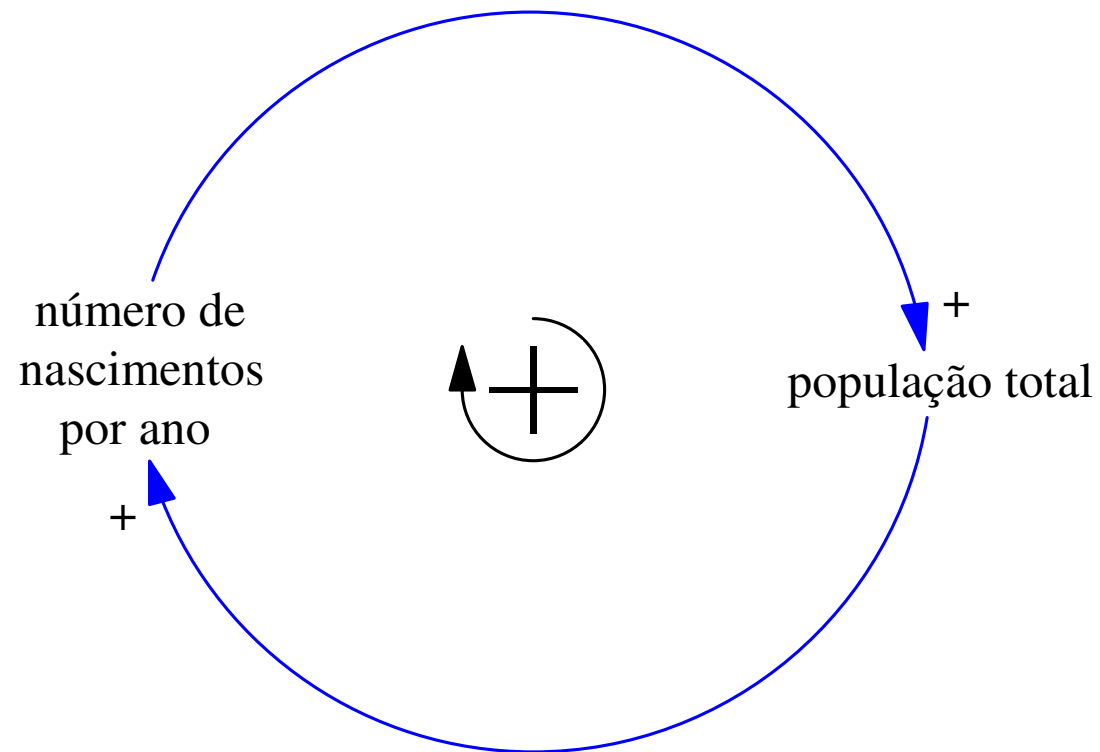
# Comportamento da conta



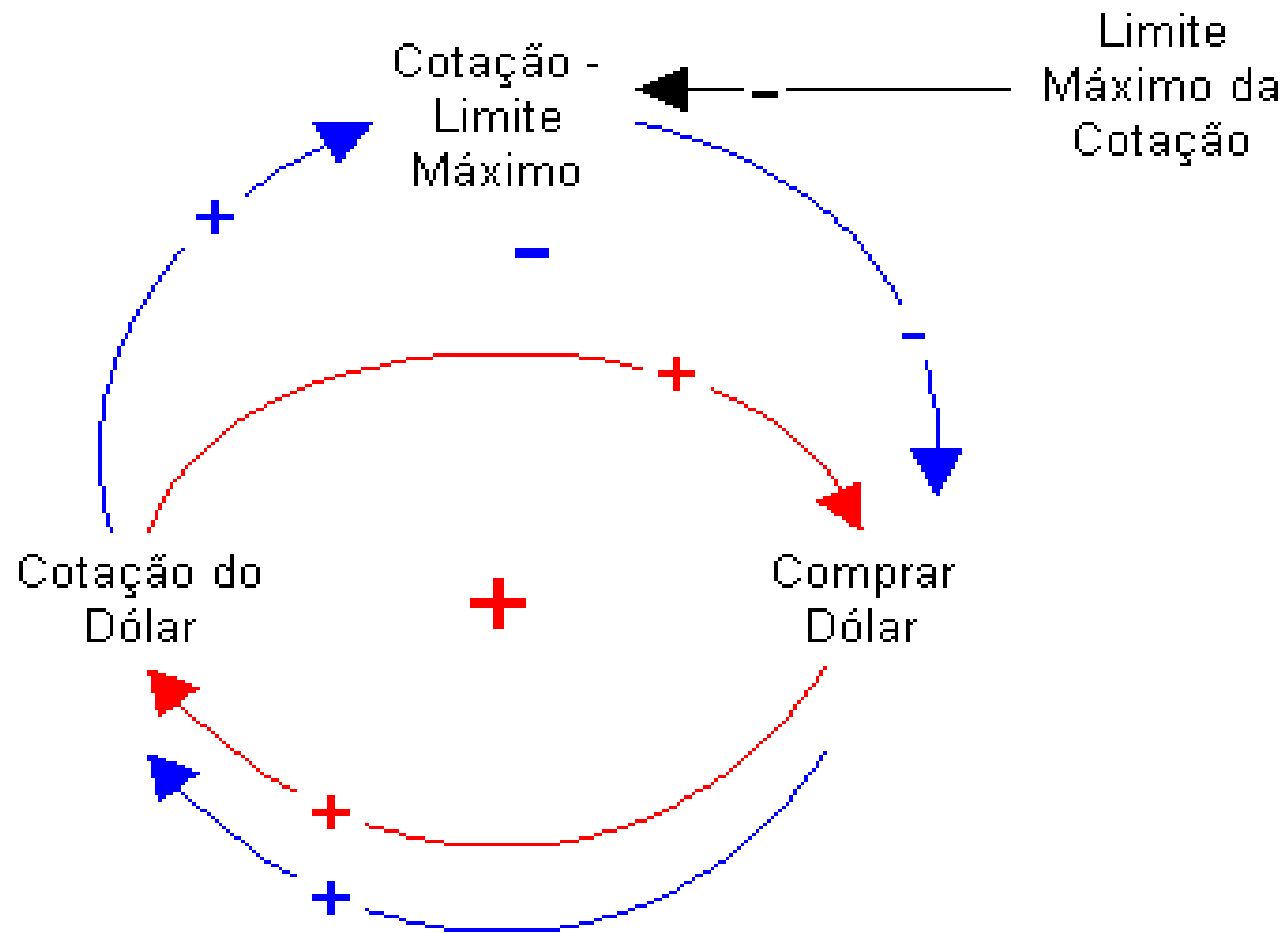
# População brasileira



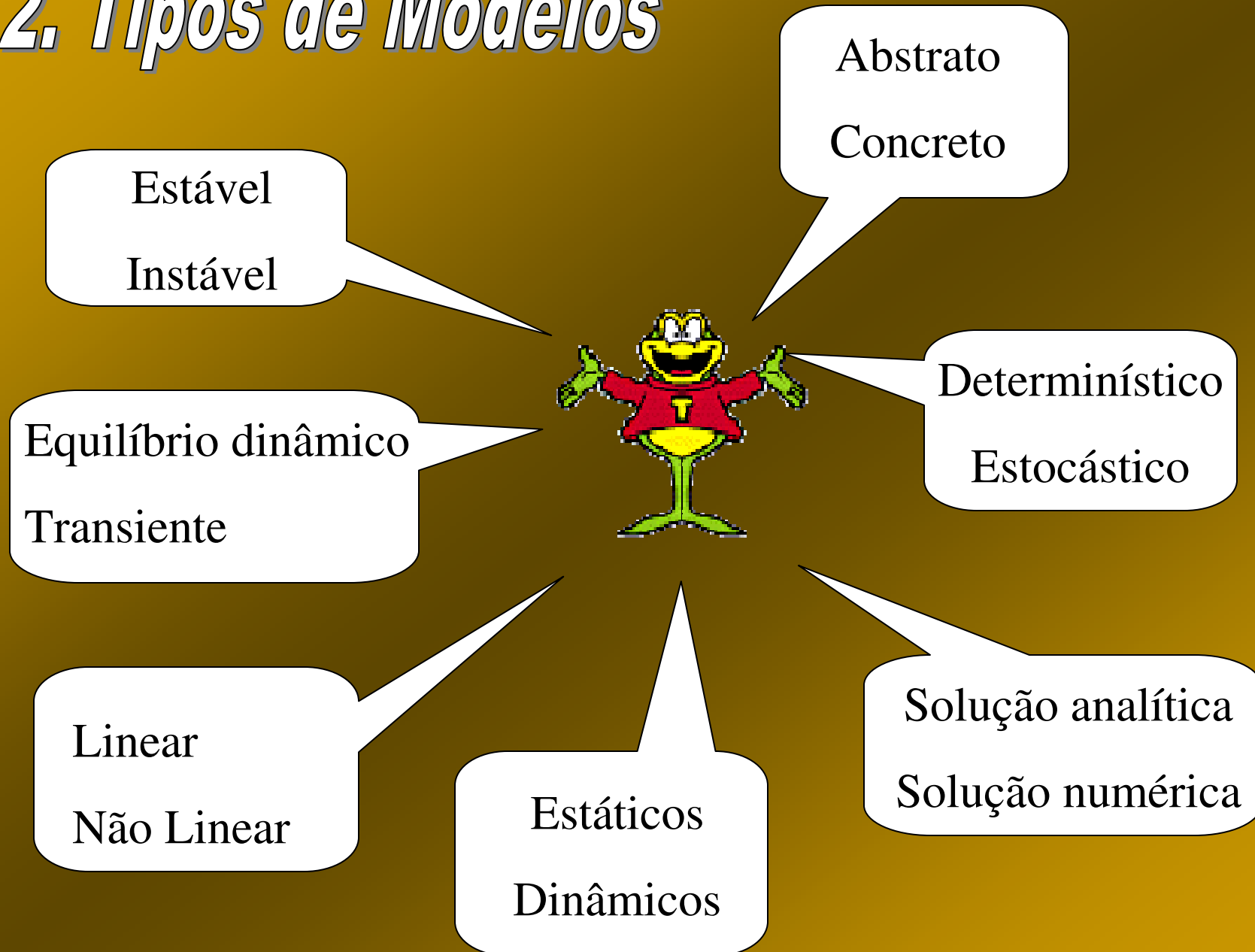
# Modelo: crescimento da população



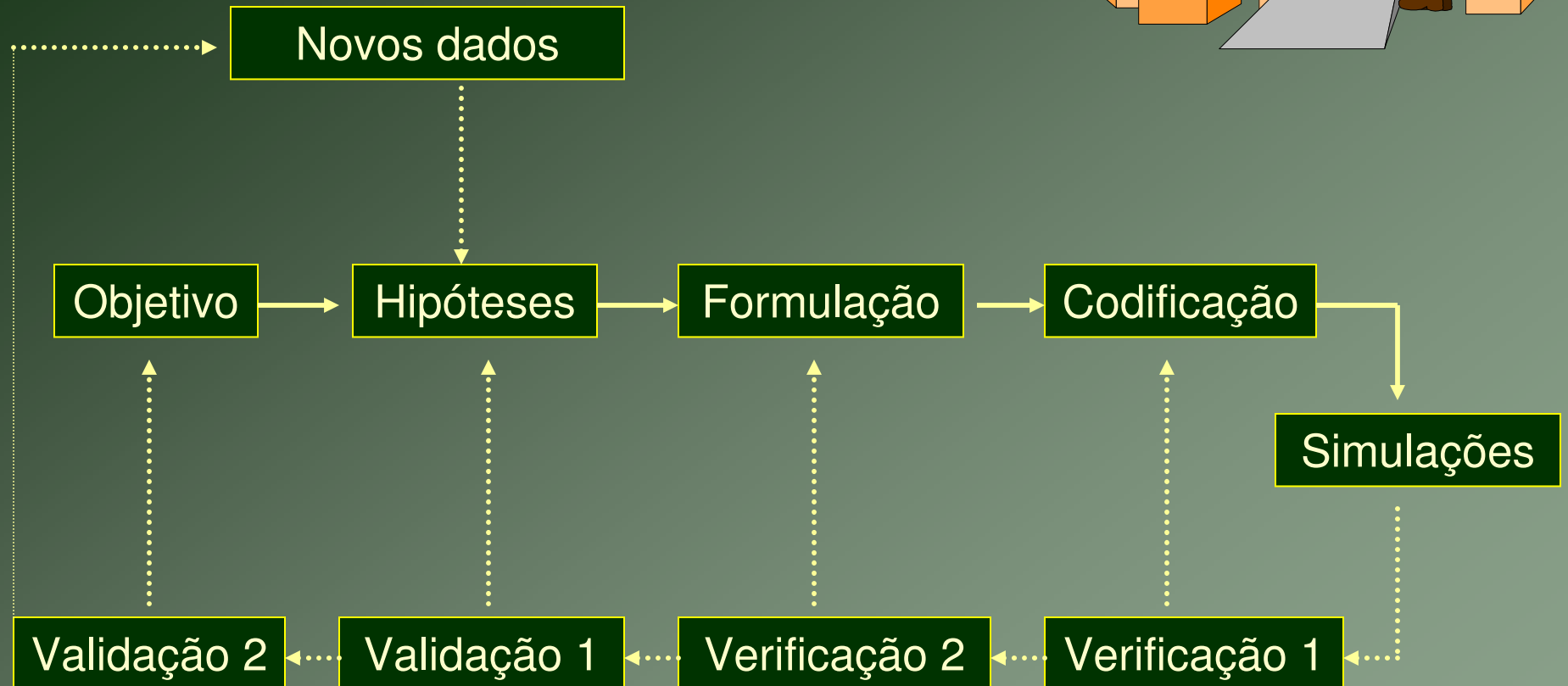
# Cotação do Dolar



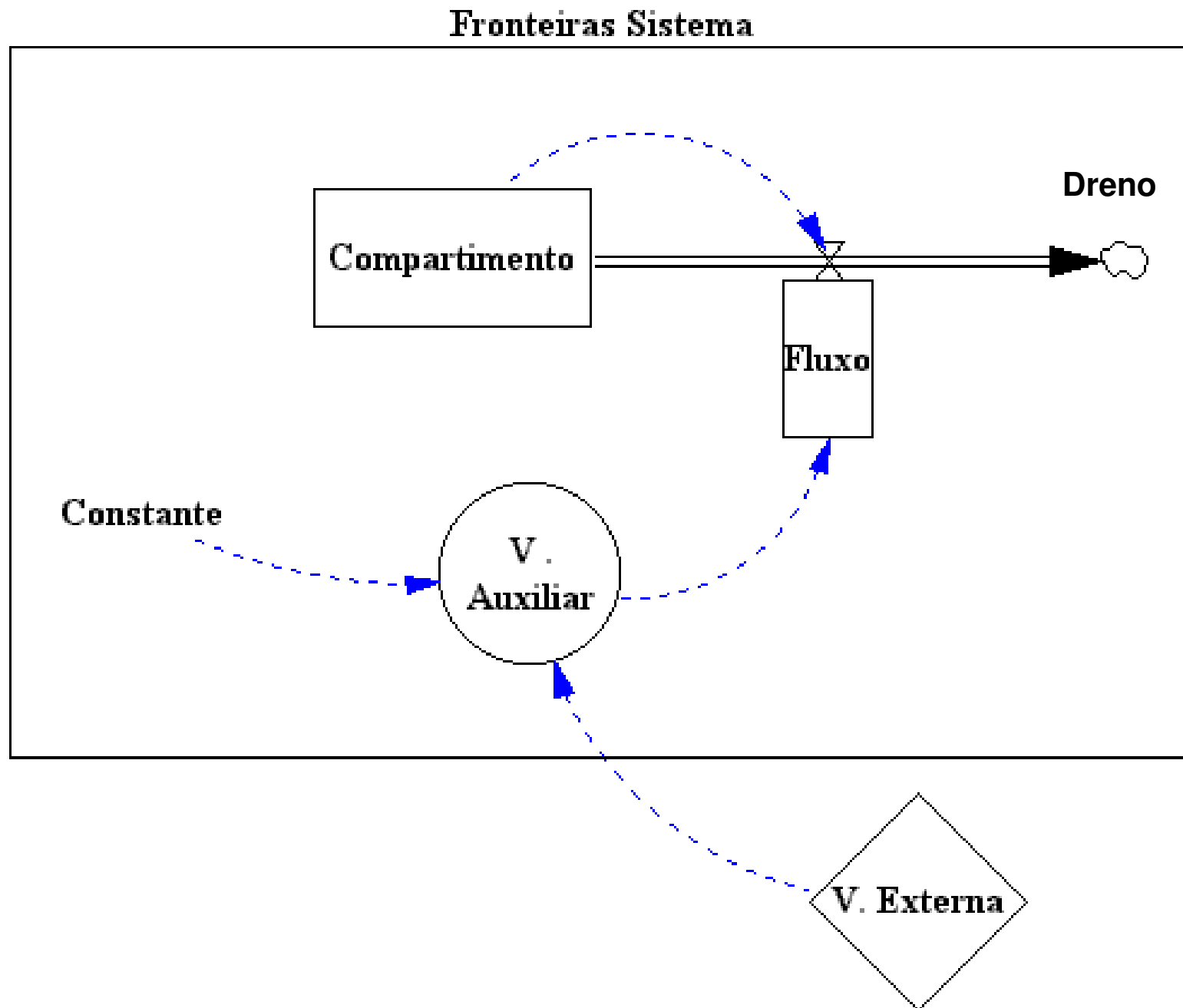
## 2. Tipos de Modelos



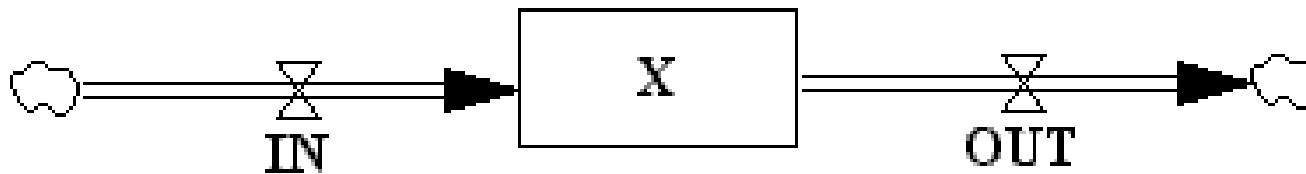
# 3. Metodologia



# Símbolos (Forrester)



# ***EQUAÇÃO BÁSICA***



$$X(t+dt) = x(t) + dt * (IN - OUT)$$



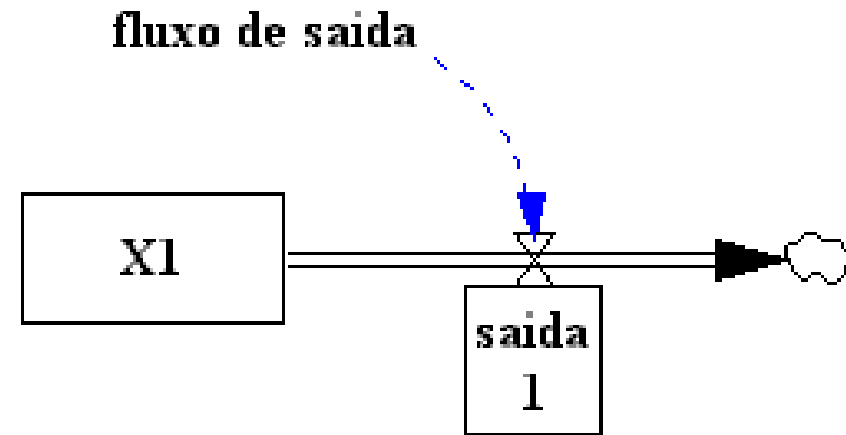
# Taxas e fluxos

Significado

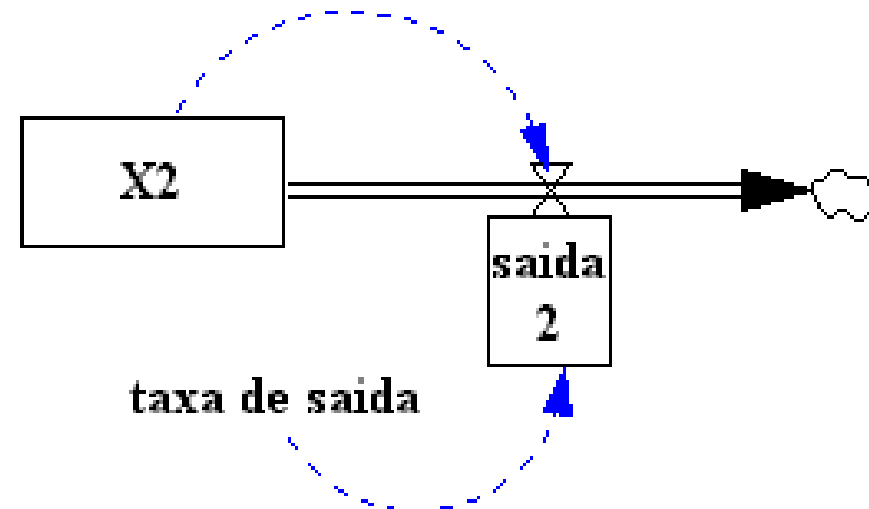
Dimensões

Dt

< 0 ?

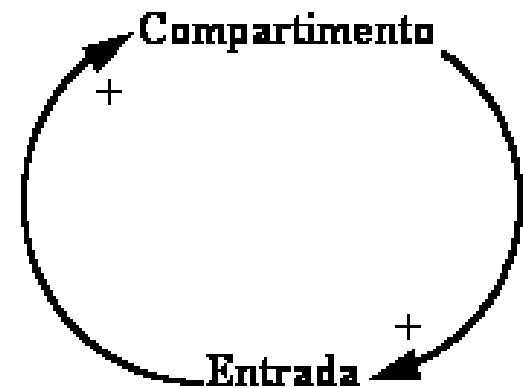
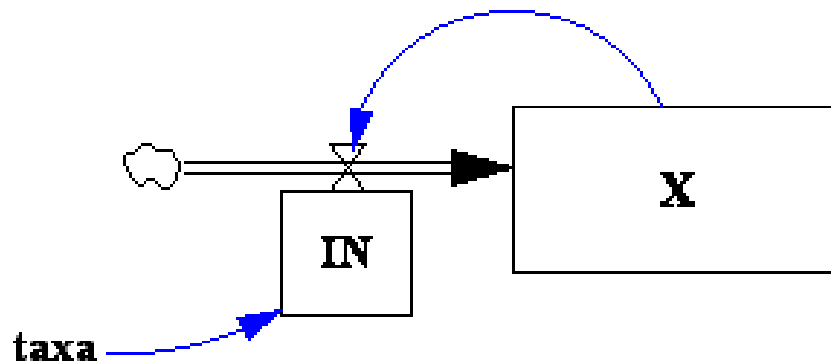


$$X1(t+dt) = X1(t) - dt * (saida)$$



$$X2(t+dt) = X2(t) - dt * (taxa * X2(t))$$

# ***Feedback positivo***



$$X(t+dt) = X(t) + dt * (taxa * X(t))$$

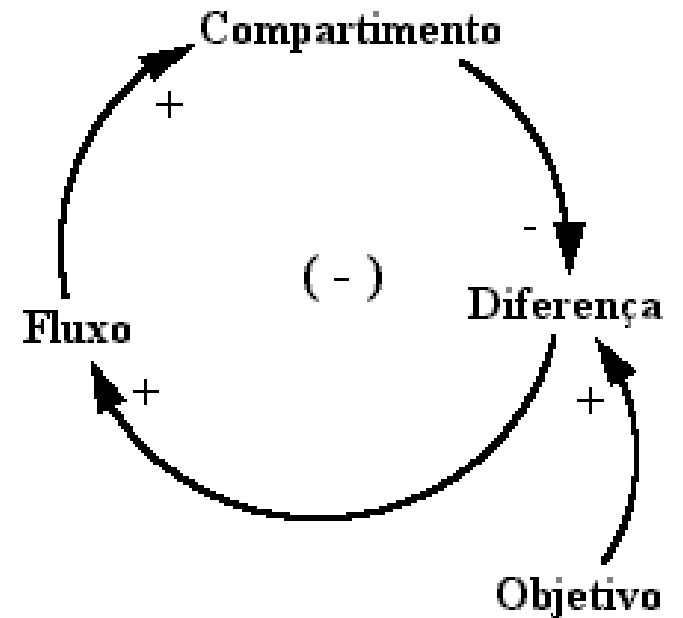
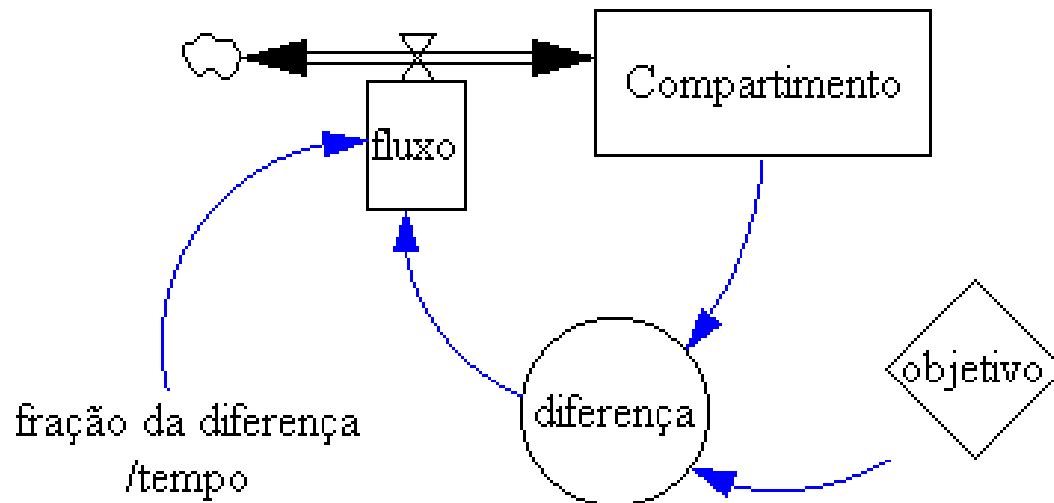
**Solução Analítica**  $X(t+dt) = X(t) + dt * (taxa * X(t))$

$$\frac{X_{t+dt} - X_t}{dt} = taxa \times X_t \qquad \frac{dX}{dt} = taxa \times X$$

$$\int_{X_0}^{X_t} \frac{dX}{X} = \int_0^t taxa \times dt$$

$$X_t = X_0 \times e^{taxa \times t}$$

# *Feed back negativo*



$$\text{dif} = \text{objetivo} - X(t)$$

$$X(t+dt) = X(t) + dt * ((\text{objetivo} - X(t)) * \text{fração})$$

---

**Analítica:**  $X_t = obj + (X_0 - obj) \times e^{-fra \times t}$