

*Liceo “Regina Elena” - Acireale*

*Progetto PON C-1-FSE-2013-2006*

*Studio della complessità del mondo che ci circonda*

**Archetipi sistemici**

**Systems thinking e System dynamics**

*Prof. Salvatore Lizzio*

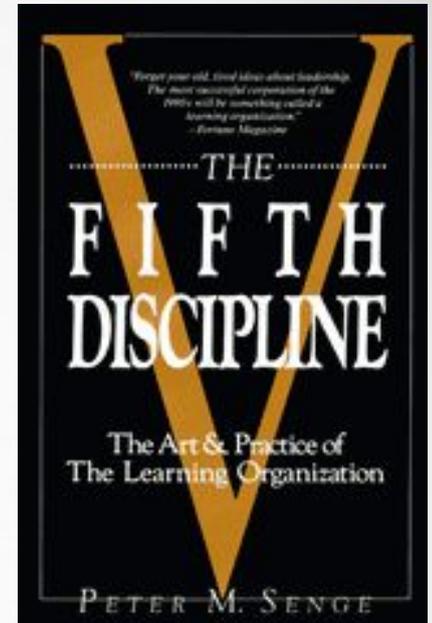
# System thinking

- Il pensiero sistemico è un **modo di pensare**, è un linguaggio per la **descrizione** e la **comprensione** delle forze e delle interrelazioni che modellano il comportamento dei sistemi. Questa disciplina ci aiuta ad **intervenire sui sistemi in modo più efficiente** e ad agire più in sintonia con i processi naturali del mondo naturale ed economico. (P. Senge)



# The fifth discipline

- Peter Senge (1990).
- **Learning Organization**: modello, strategia organizzativa atta a **sviluppare conoscenze e competenze** di **tutti i membri** della struttura organizzativa finalizzata ad indurre continue **trasformazioni e capacità di adattamento** al cambiamento, allo sviluppo e alla crescita.



# La quinta disciplina

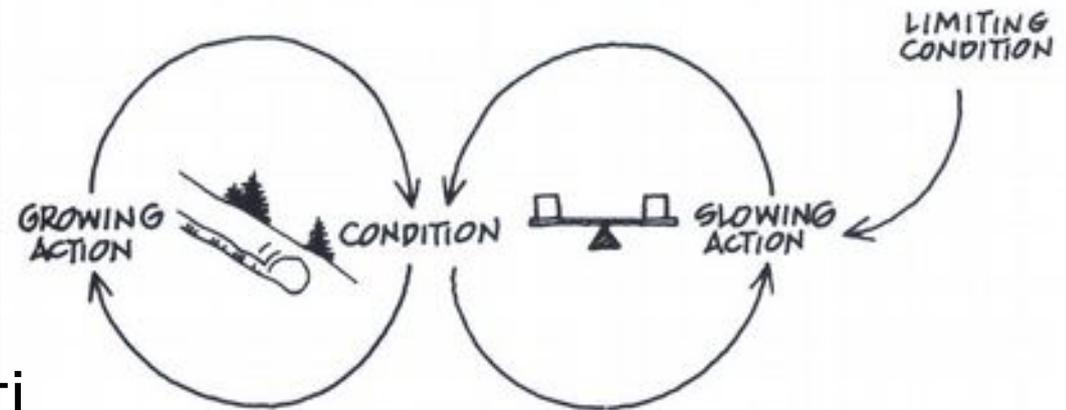
- Per sviluppare le learning organizations occorrono **5 discipline**:
  - ✓ Padronanza (abilità) personale
  - ✓ **Modelli Mentali o Mental Models**
  - ✓ Visione condivisa o Vision
  - ✓ Apprendimento di gruppo o Team-work
  - ✓ **Pensiero sistemico o Systems Thinking**
- La quinta disciplina funge da unificatrice e coordinatrice delle altre quattro.

# Archetipi sistemici

- Paradigmi, modelli mentali, schemi di riferimento utilizzati per interpretare i fenomeni dinamici della realtà.
- Un archetipo:
  - ✓ descrive una situazione o un comportamento problematico
  - ✓ descrive il sistema in termini di diagramma causale
  - ✓ insegna un principio che emerge dall'interpretazione in chiave sistemica

# Archetipi sistemici

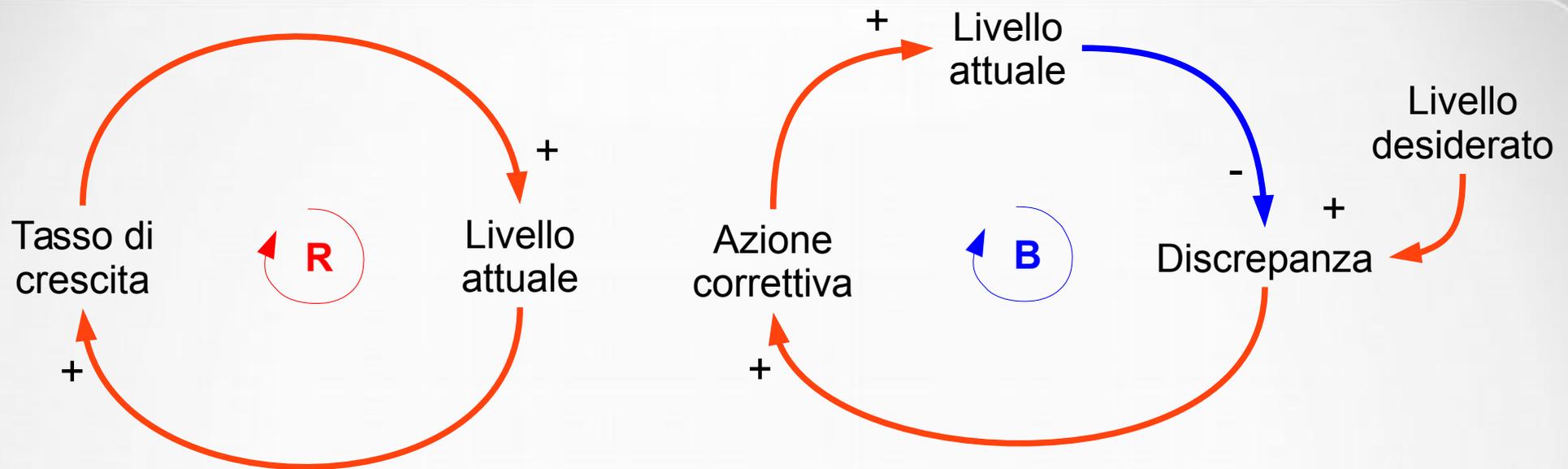
- ✓ circuito di retroazione positivo e negativo
- ✓ circuito di retroazione negativo con ritardo
- ✓ limite alla crescita
- ✓ principio di attrattività
- ✓ esplosione e crollo
- ✓ soluzioni che falliscono
- ✓ procrastinare gli interventi
- ✓ tragedia delle risorse comuni
- ✓ erosione degli obiettivi
- ✓ escalation
- ✓ successo a chi ha successo
- ✓ sviluppo e sottoinvestimento
- ✓ avversari accidentali



# Archetipi sistemici

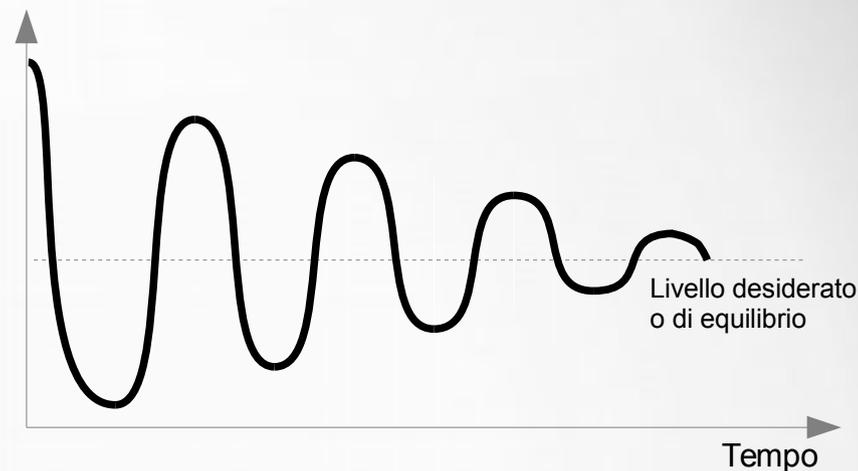
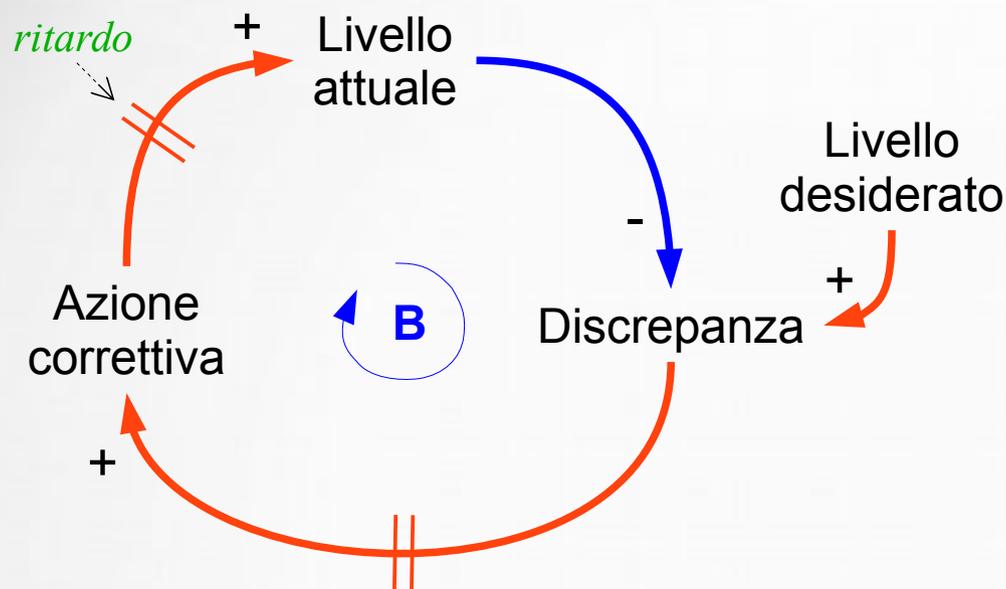
- **Principi scaturiti dagli archetipi sistemici:**
  - ✓ sono trasferibili in contesti simili
  - ✓ aiutano ad interpretare situazioni e fenomeni diversi
  - ✓ aiutano a spiegare l'effetto controintuitivo tra l'azione sul sistema e reazione dello stesso
  - ✓ aiutano a spiegare l'inefficacia di alcune decisioni

# Circuiti di retroazione positiva e negativa



- Descritti per la prima volta da L. von Bertalanffy (1930) in "Teoria generale dei sistemi".
- Dalla combinazione di essi scaturiscono tutti gli altri.

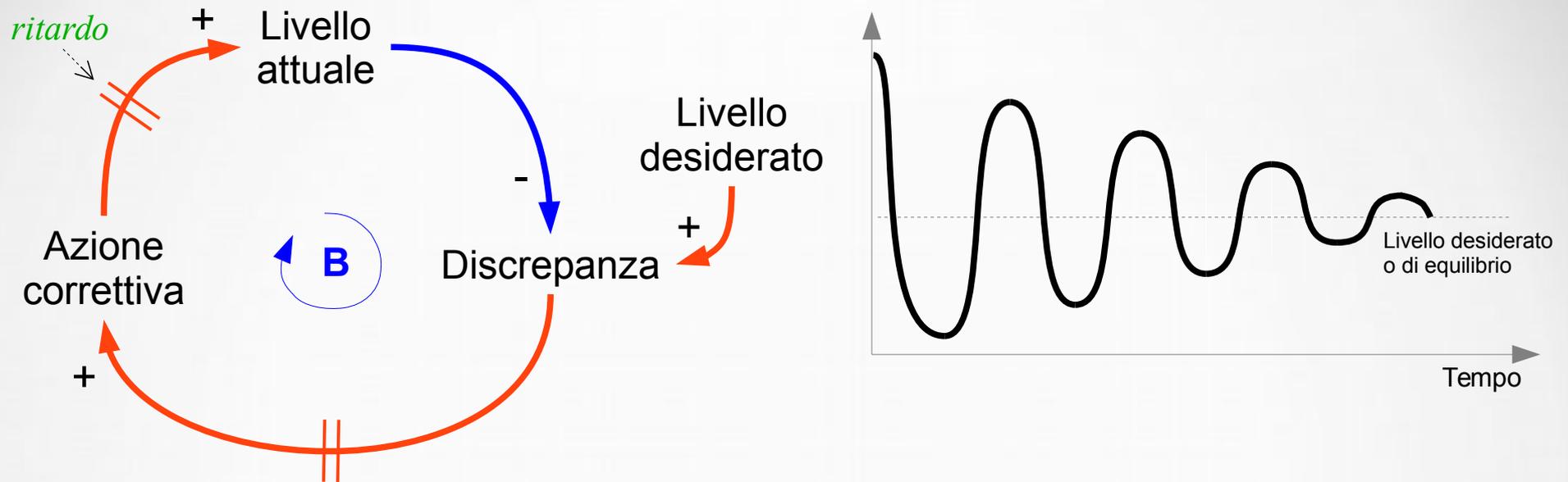
# Circuito di retroazione negativa con ritardo



- **Comportamento problematico**

Una variabile (fatturato, clienti, prezzo, temperatura, ecc.) oscilla ripetutamente attorno a una situazione desiderata o di equilibrio.

# Circuito di retroazione negativa con ritardo

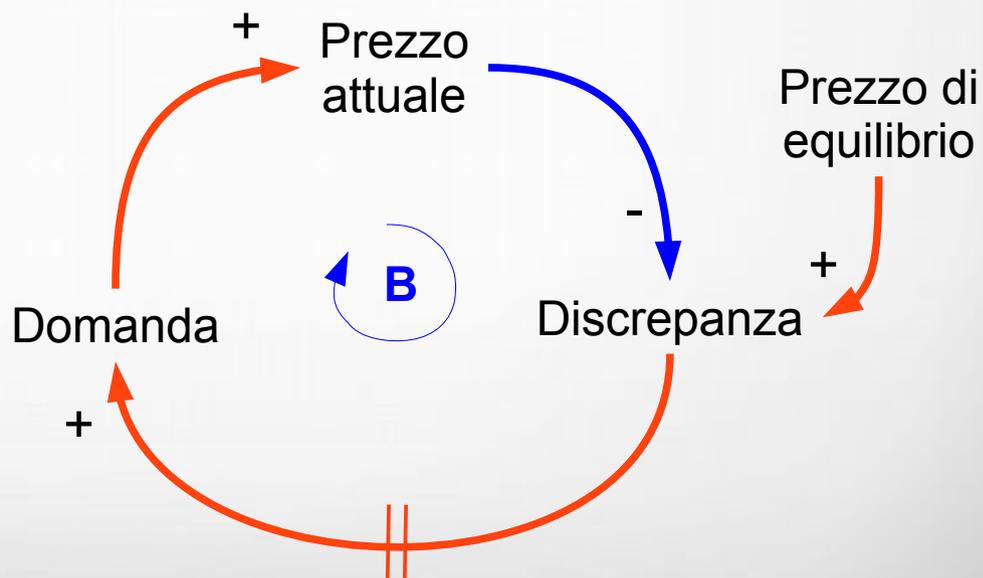
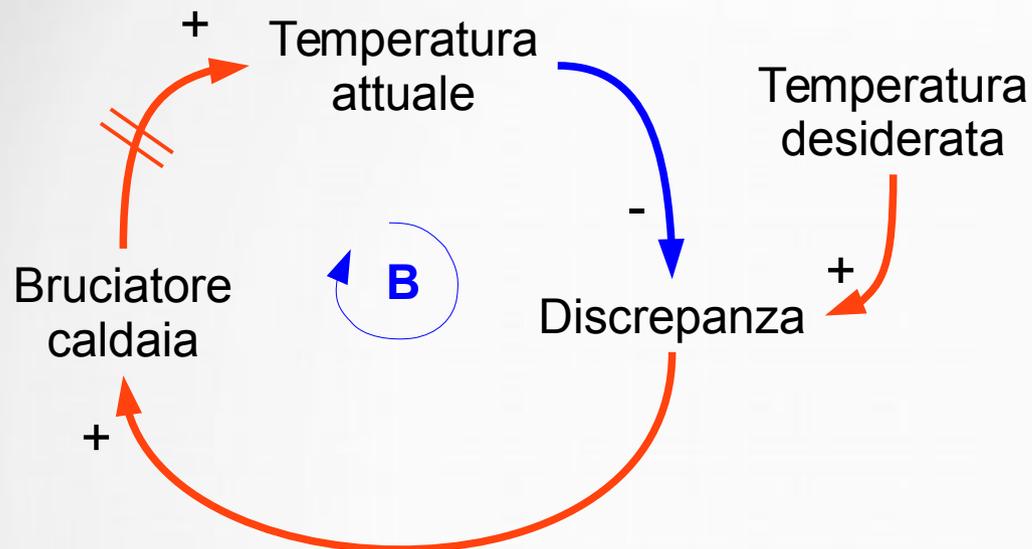


- **Descrizione della struttura del sistema**

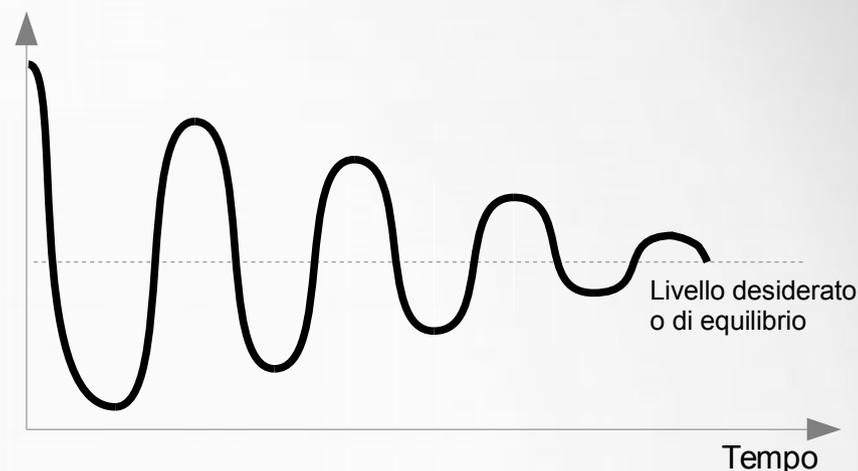
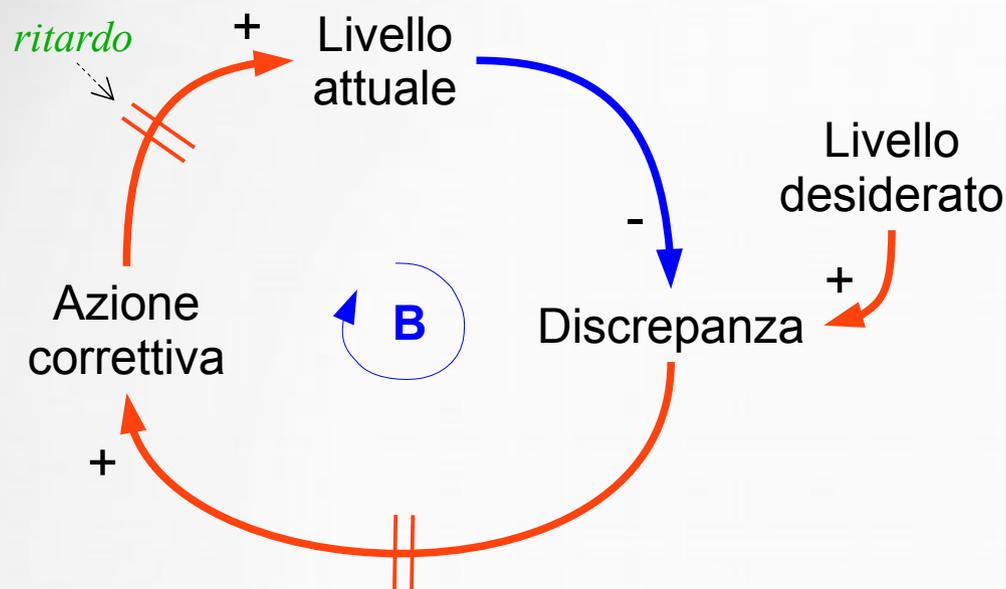
L'azione correttiva non ha efficacia immediata oppure l'azione di controllo avviene in ritardo.

# Circuito di retroazione negativa con ritardo

- Esempi



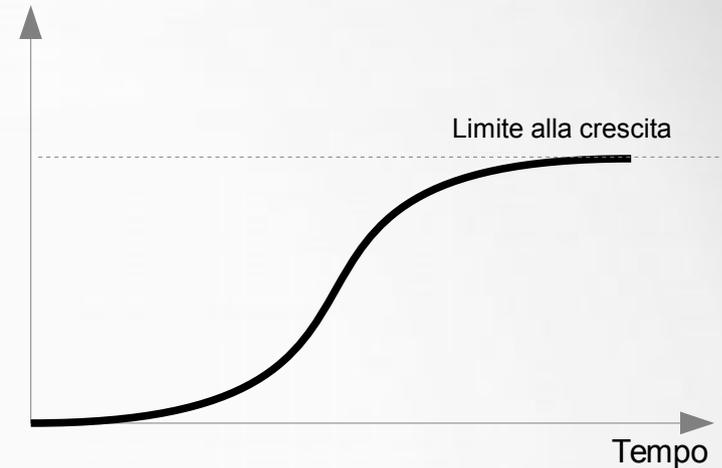
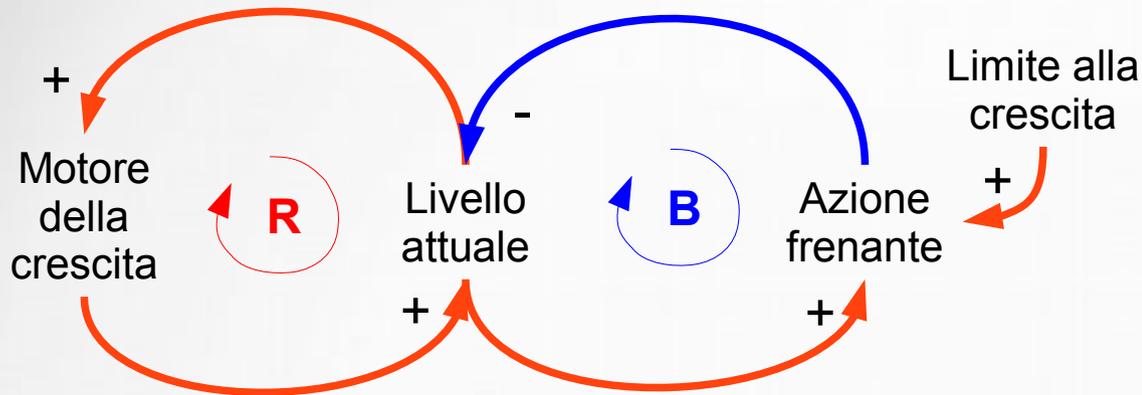
# Circuito di retroazione negativa con ritardo



- **Insegnamento**

Aggiustamenti precipitosi o eccessivi aumentano le oscillazioni. Meglio procedere con aggiustamenti gradualmente e governare il sistema diminuendo il ritardo.

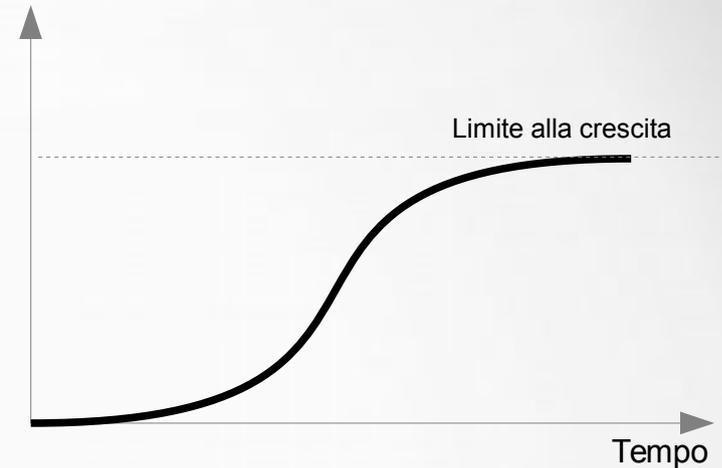
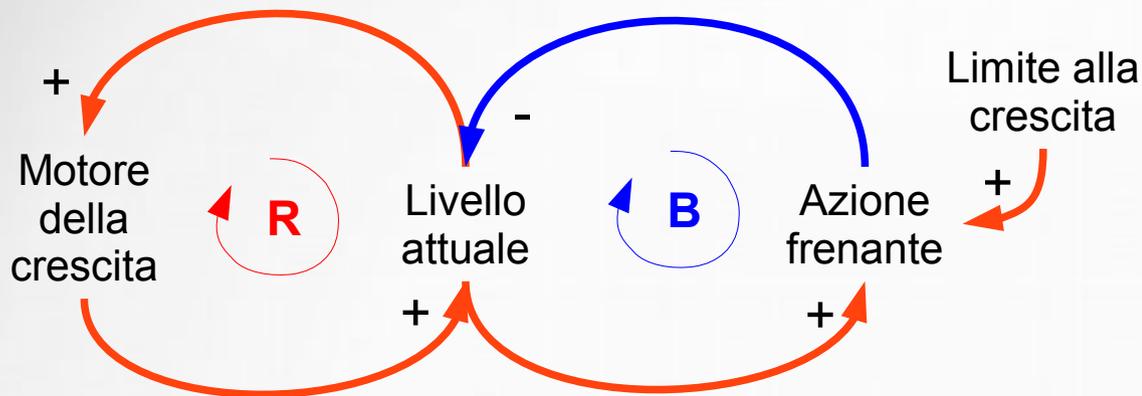
# Limite alla crescita (S-shaped)



- **Comportamento problematico**

Lo sviluppo esponenziale di una variabile ad un certo punto si interrompe trasformandosi in una crescita asintotica da cui è difficile uscire.

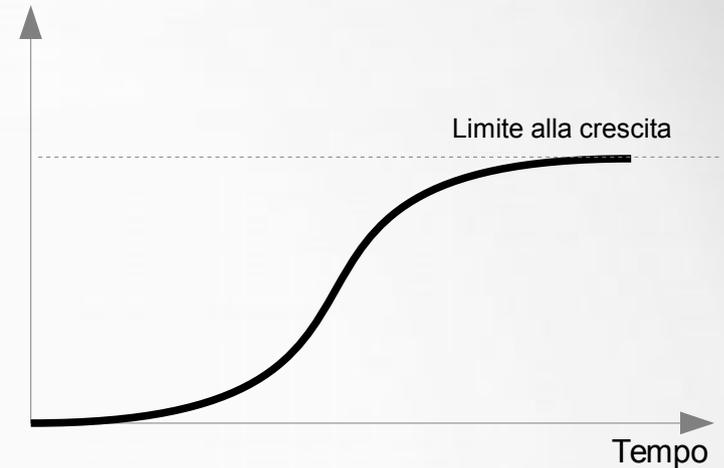
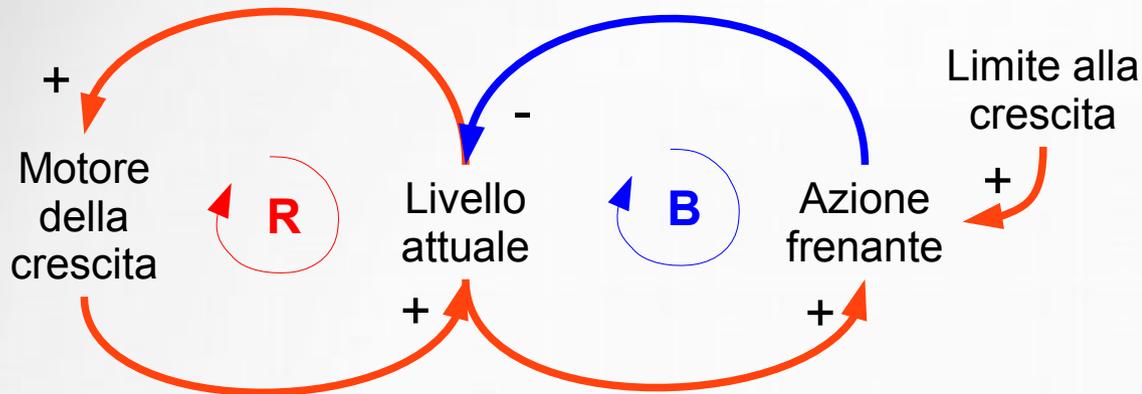
# Limite alla crescita (S-shaped)



- **Descrizione della struttura del sistema**

Formato da due circuiti di retroazione; all'inizio domina quello di rinforzo (R), responsabile della crescita esponenziale, successivamente, a causa del limite, interviene quello negativo (B) responsabile del comportamento asintotico.

# Limite alla crescita (S-shaped)



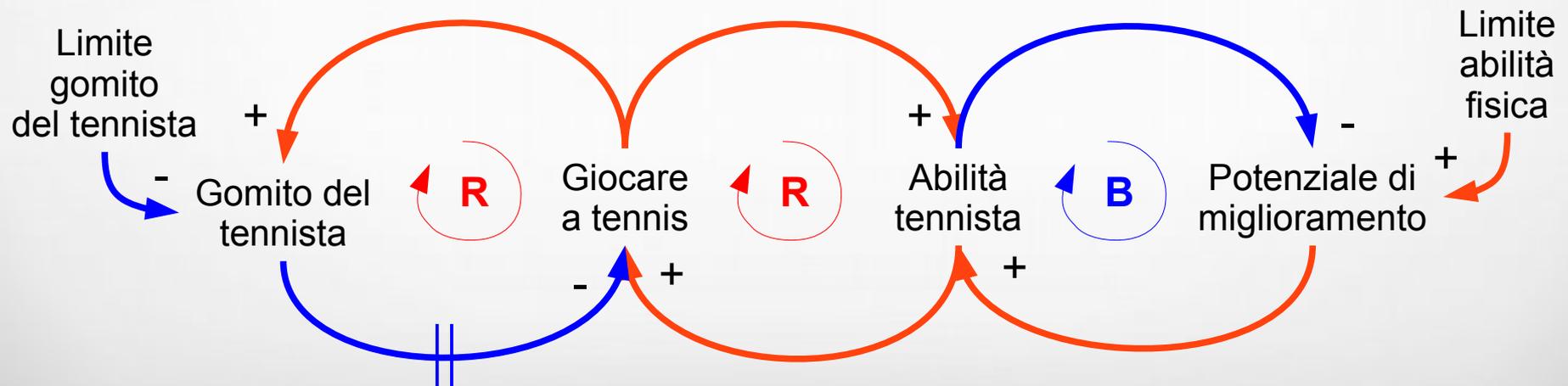
- **Insegnamento**

Non è possibile crescere all'infinito.

Nei periodi di crescita bisogna attenzionare le condizioni limitanti presenti e future e rimuovere il limite alla crescita prima che manifesti gli effetti negativi.

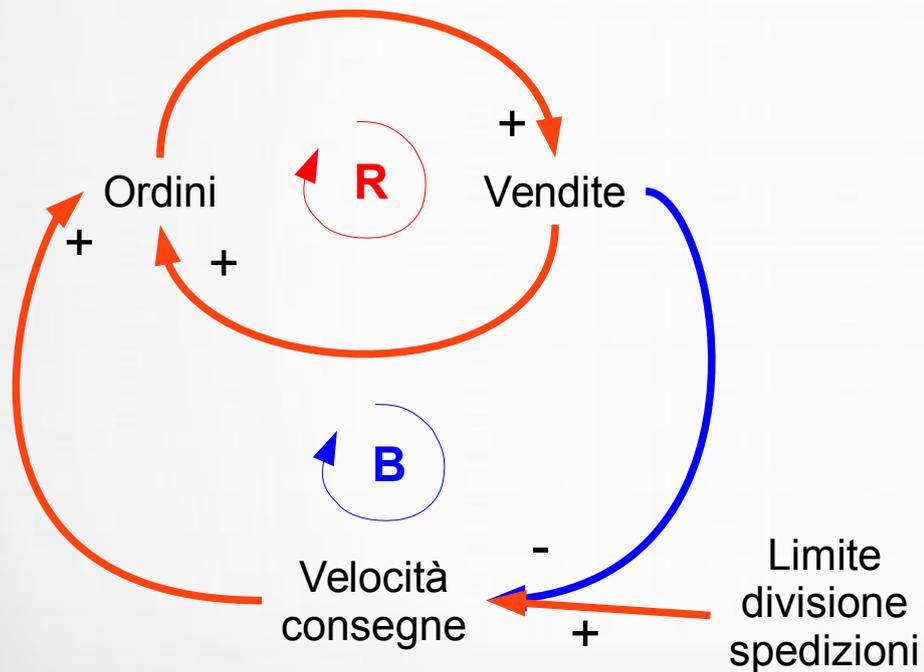
# Limite alla crescita (S-shaped)

- **Esempio:** giocare a tennis



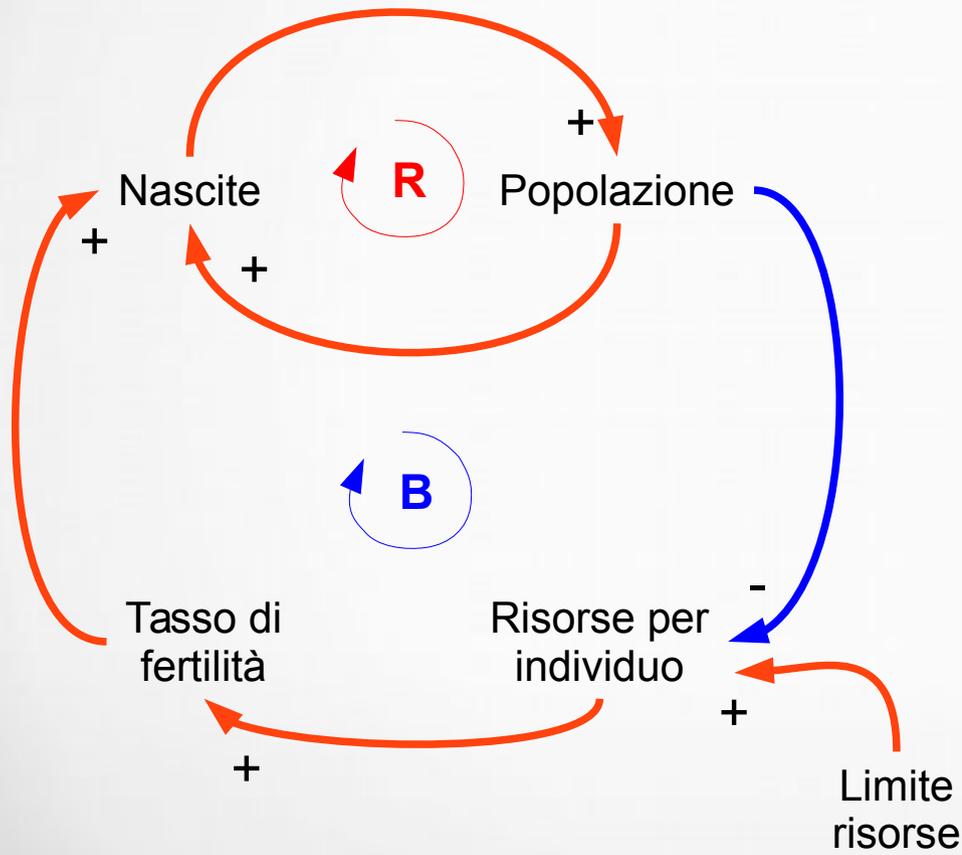
# Limite alla crescita (S-shaped)

- **Esempio:** velocità consegne delle merci

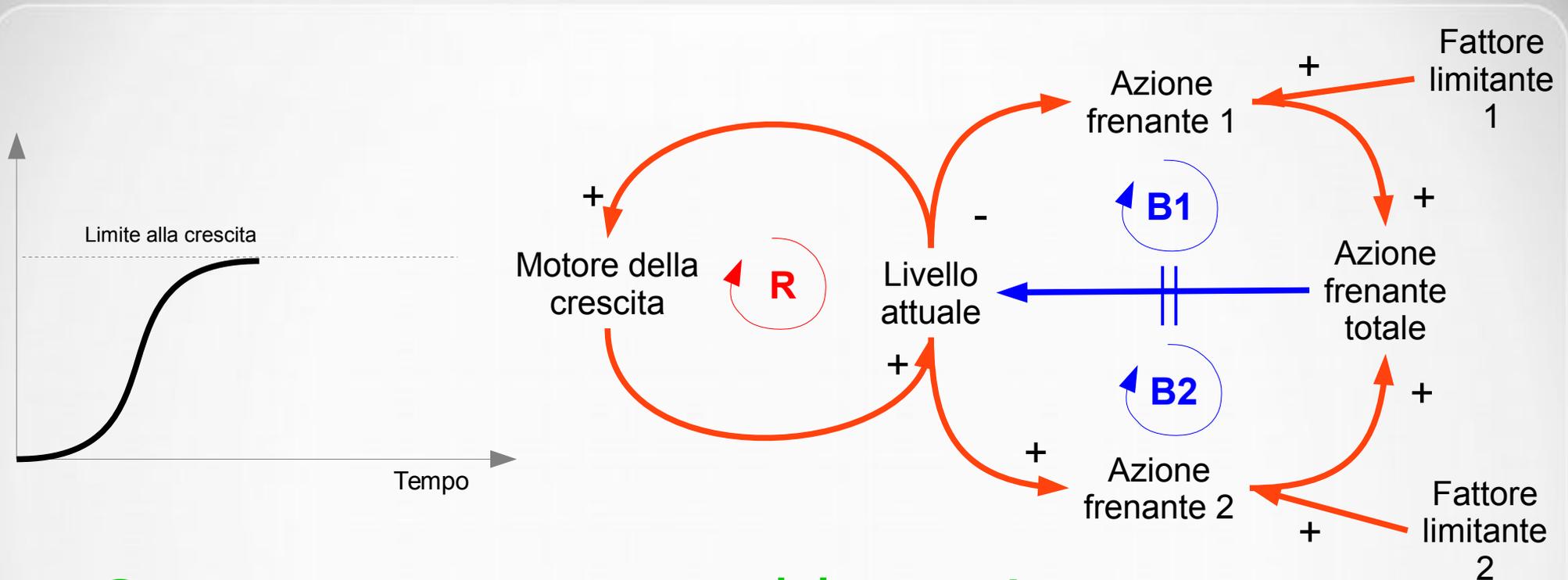


# Limite alla crescita (S-shaped)

- **Esempio:** limite delle risorse alimentari



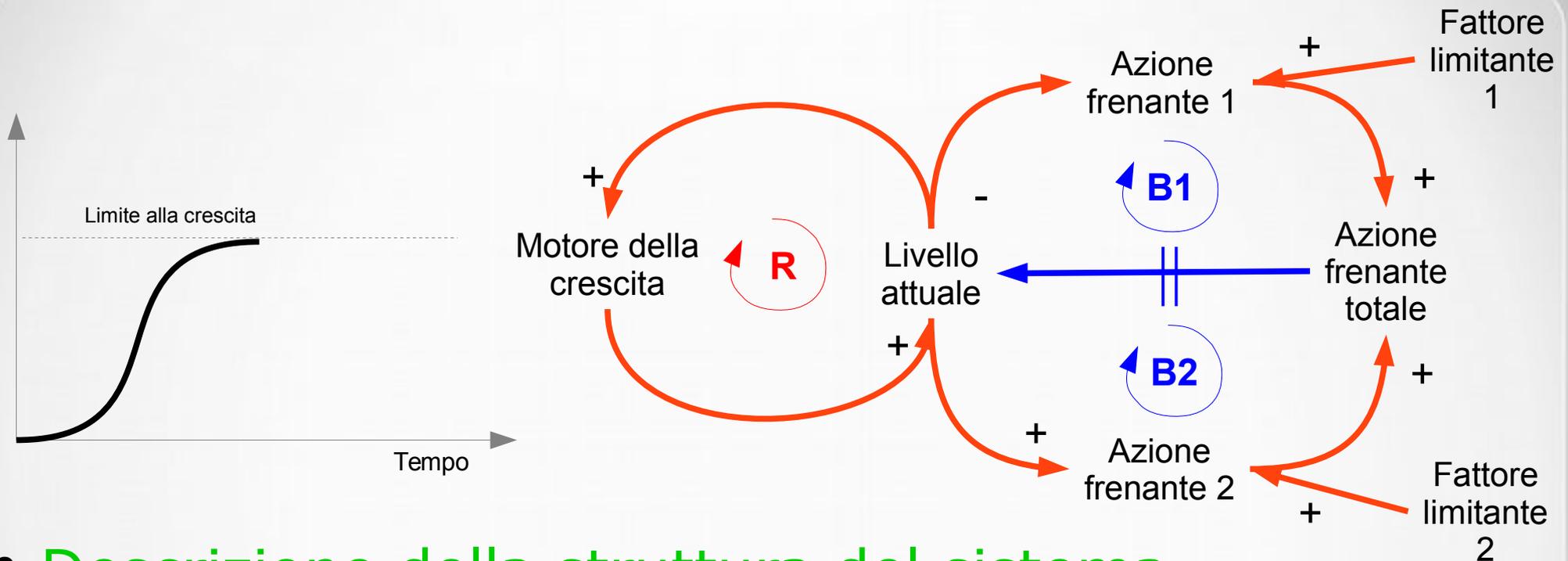
# Principio di attrattività (Attractiveness principle)



- **Comportamento problematico**

Lo sviluppo esponenziale di una variabile ad un certo punto si interrompe a causa di due o più azioni frenanti diverse.

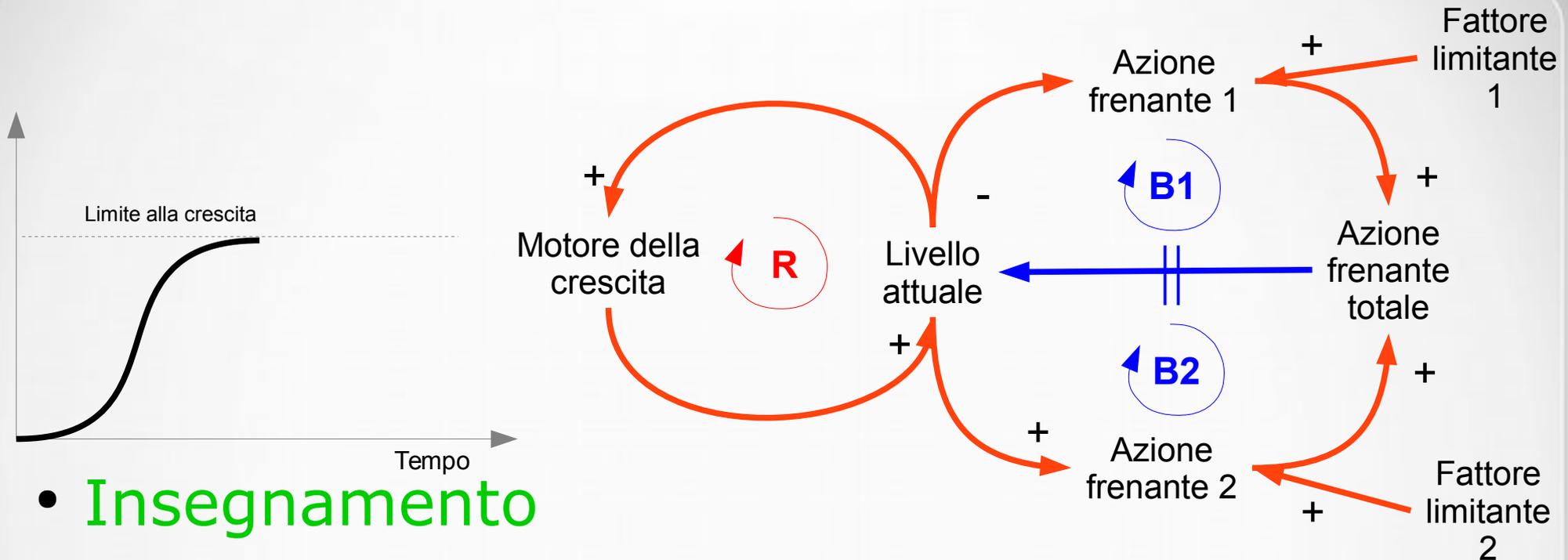
# Principio di attrattività (Attractiveness principle)



- **Descrizione della struttura del sistema**

Formato da tre circuiti di retroazione; all'inizio domina quello di rinforzo (R), quindi, a causa di due o più azioni limitanti, i rispettivi circuiti negativi (B) che si sommano e agiscono con un ritardo.

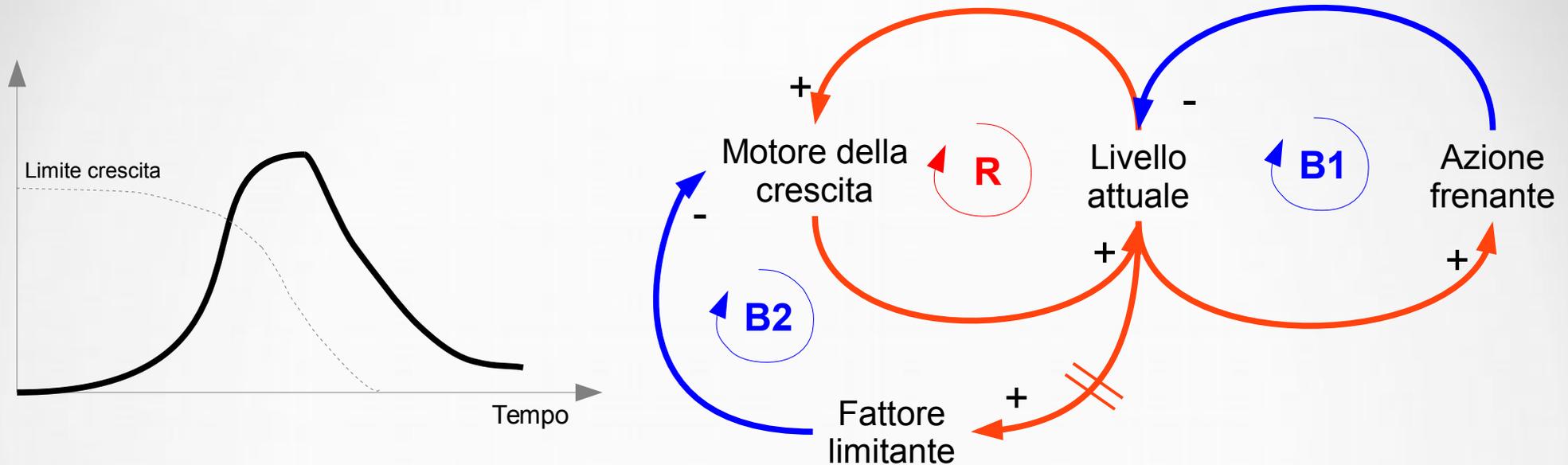
# Principio di attrattività (Attractiveness principle)



- **Insegnamento**

Non è possibile controllare tutte le azioni frenanti. Non è possibile eliminare alcune azioni (risorse limitate) ma bisogna convivere con esse. Bisogna scegliere le situazioni con meno problematicità (principio attrattività!)

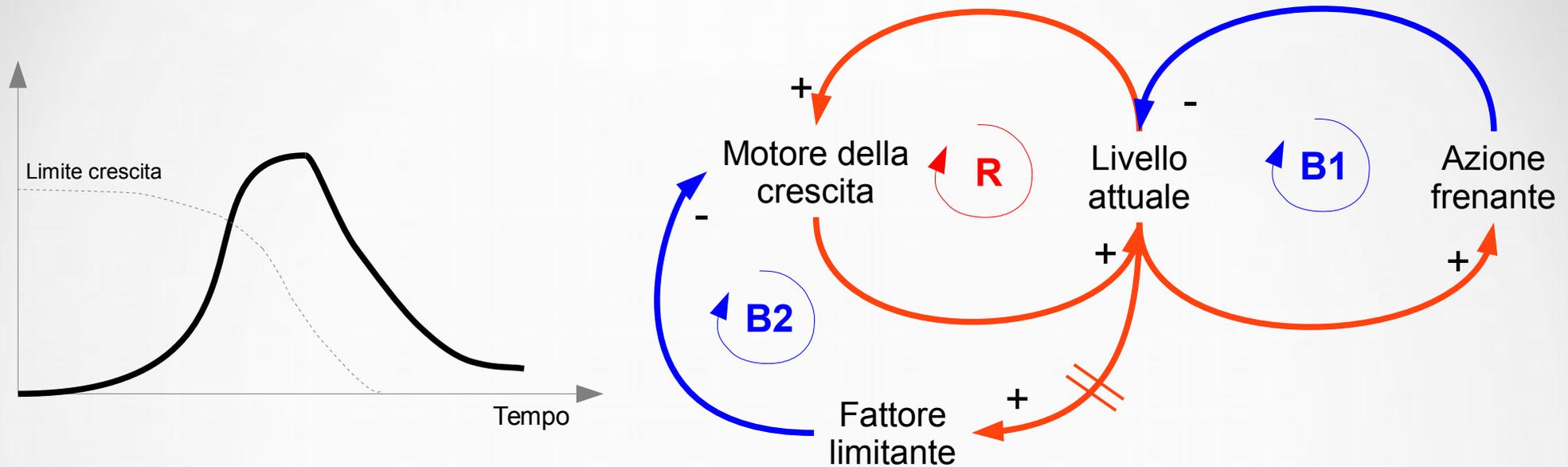
# Esplosione e crollo (Overshoot and collapse)



- **Comportamento problematico**

Lo sviluppo esponenziale di una variabile al superamento del punto di equilibrio o della capacità portante può improvvisamente ed irreversibilmente crollare .

# Esplosione e crollo (Overshoot and collapse)

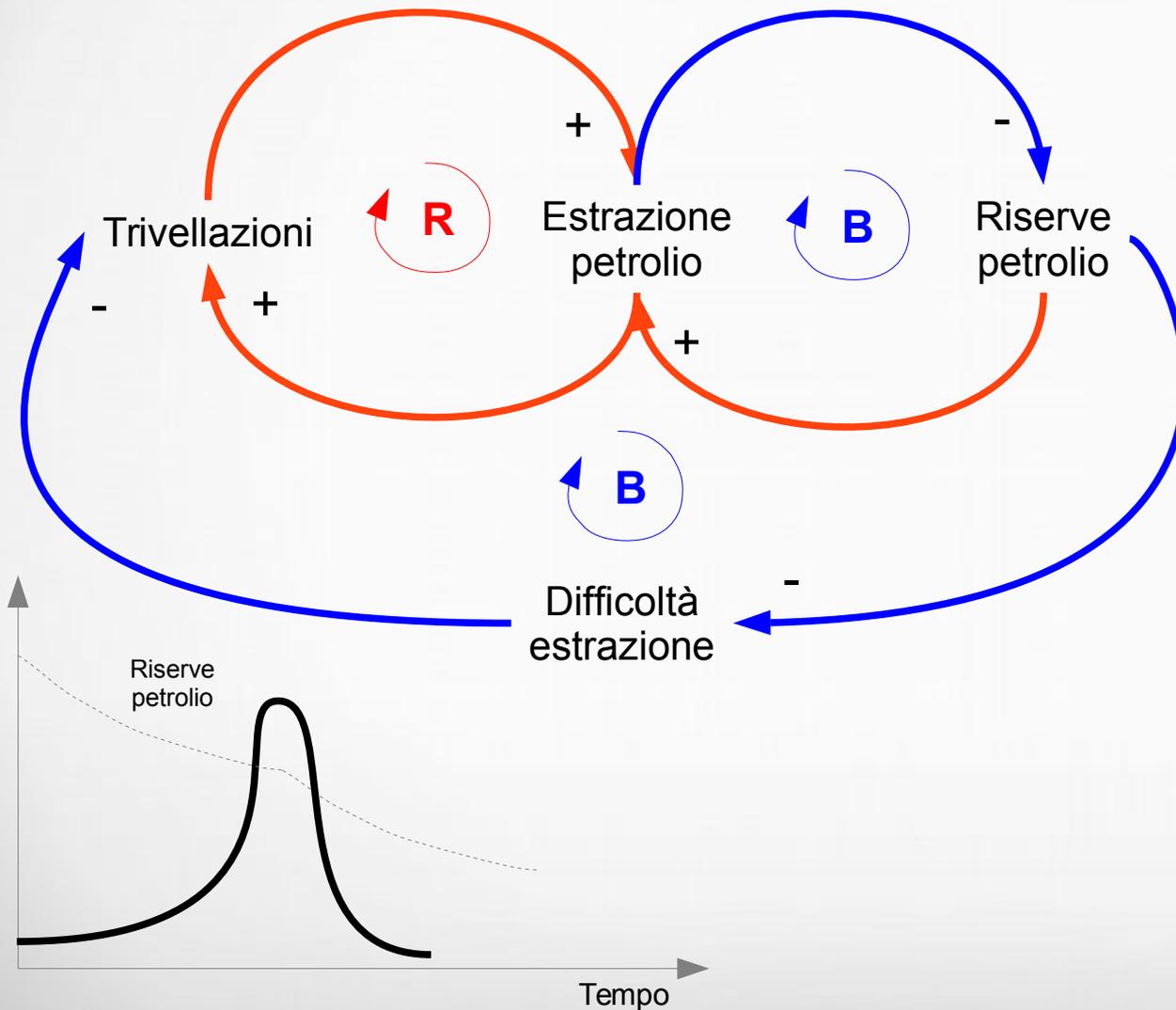


- **Descrizione della struttura del sistema**

All'inizio domina il circuito di rinforzo (R) (crescita esponenziale), successivamente subentra un primo circuito negativo (B1) che rallenta la crescita quindi un secondo circuito negativo (B2) che determina il crollo del sistema.

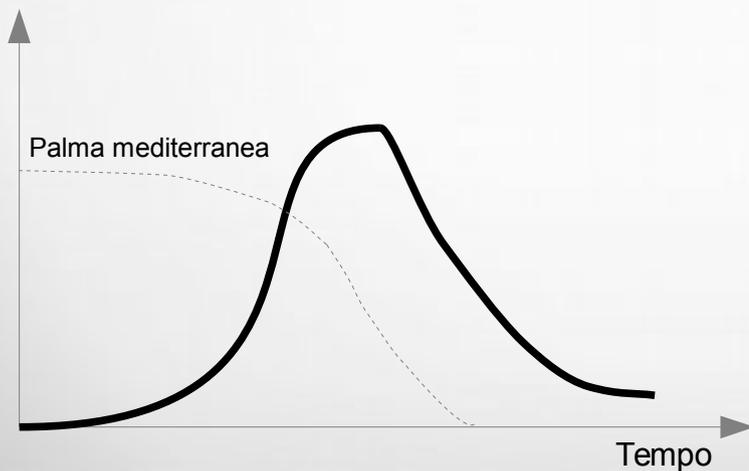
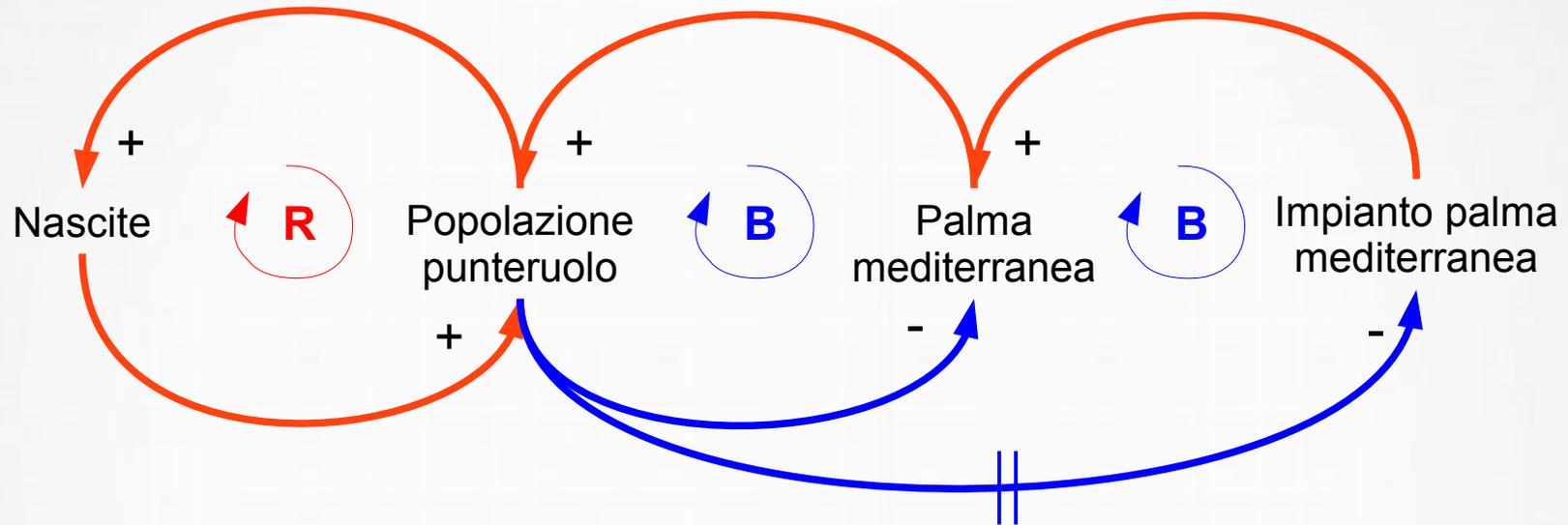
# Esplosione e crollo (Overshoot and collapse)

- **Esempio:** Peak oil



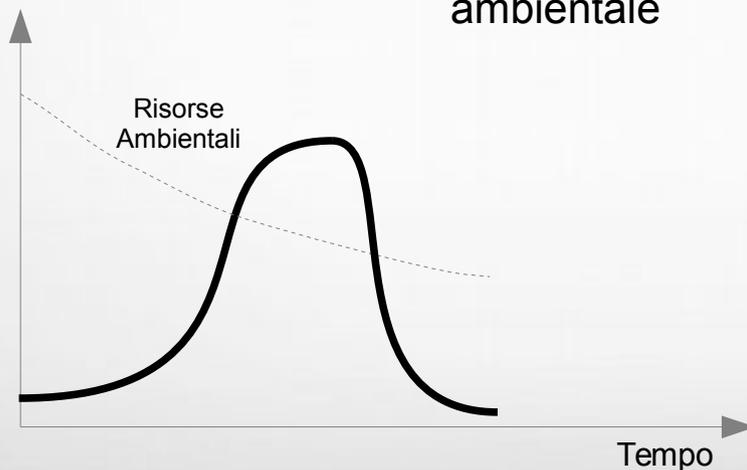
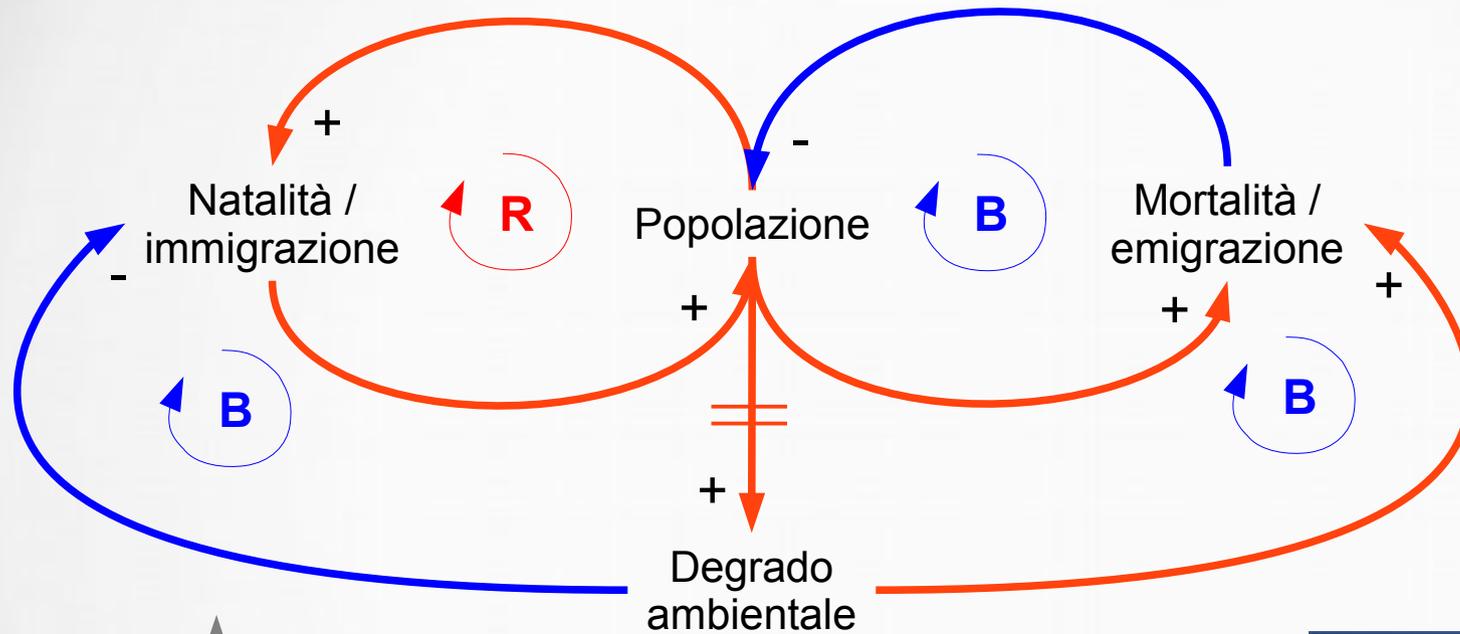
# Esplosione e crollo (Overshoot and collapse)

- **Esempio:** Punteruolo rosso

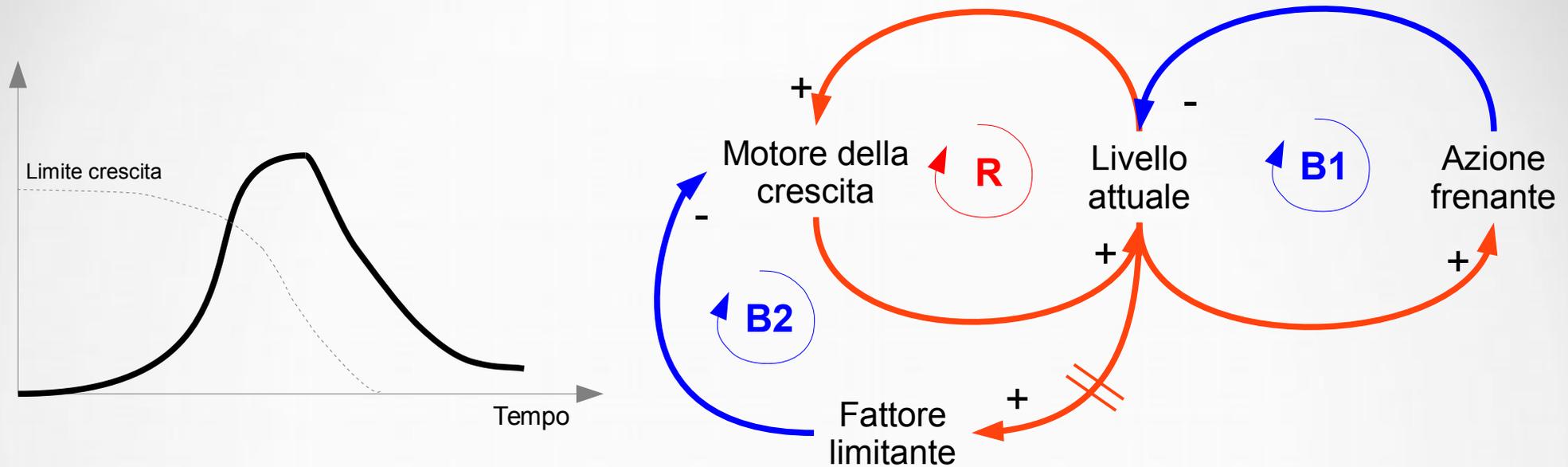


# Esplosione e crollo (Overshoot and collapse)

- **Esempio:** crollo civiltà



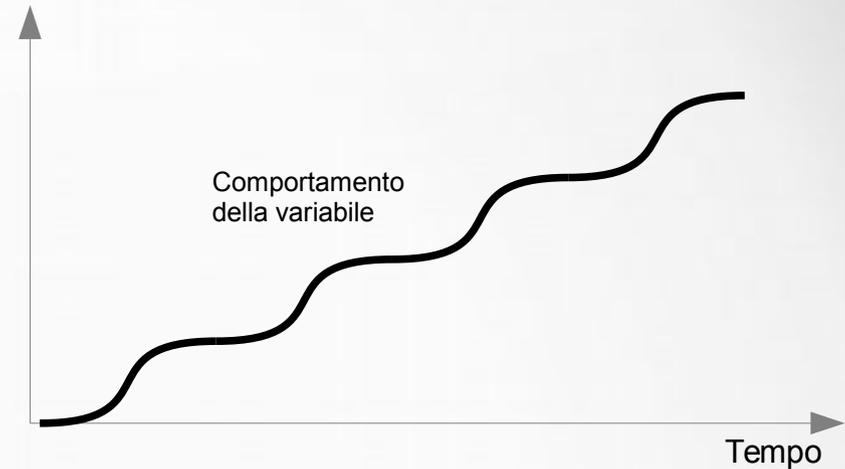
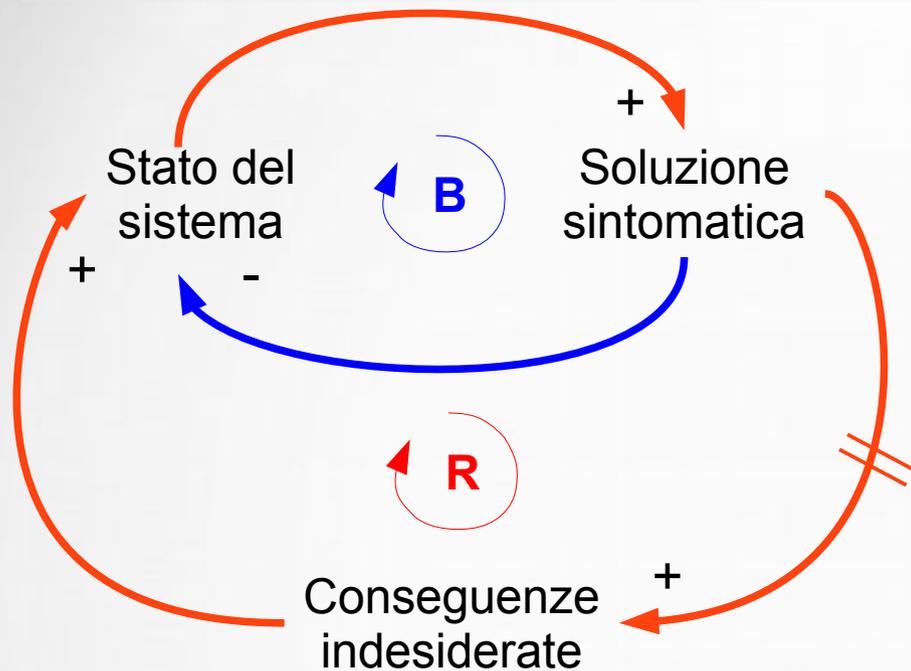
# Esplosione e crollo (Overshoot and collapse)



- **Insegnamento**

Nel caso di risorse non rinnovabili o con un lento tasso di crescita, bisogna controllare le cause che possono limitarne la disponibilità o determinarne l'esaurimento.

# Soluzioni che falliscono (Fixes that fail)



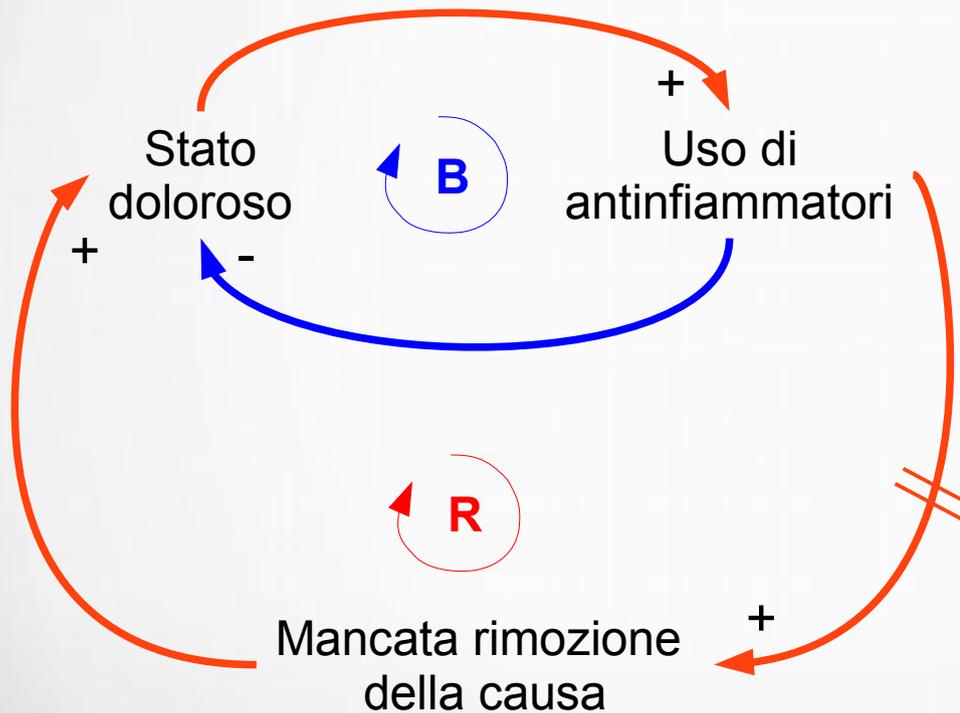
- **Comportamento problematico**

Alla manifestazione di un problema segue un intervento che in un primo momento sembra attenuare i sintomi del problema ma che, in un secondo tempo, determina un peggioramento della situazione.



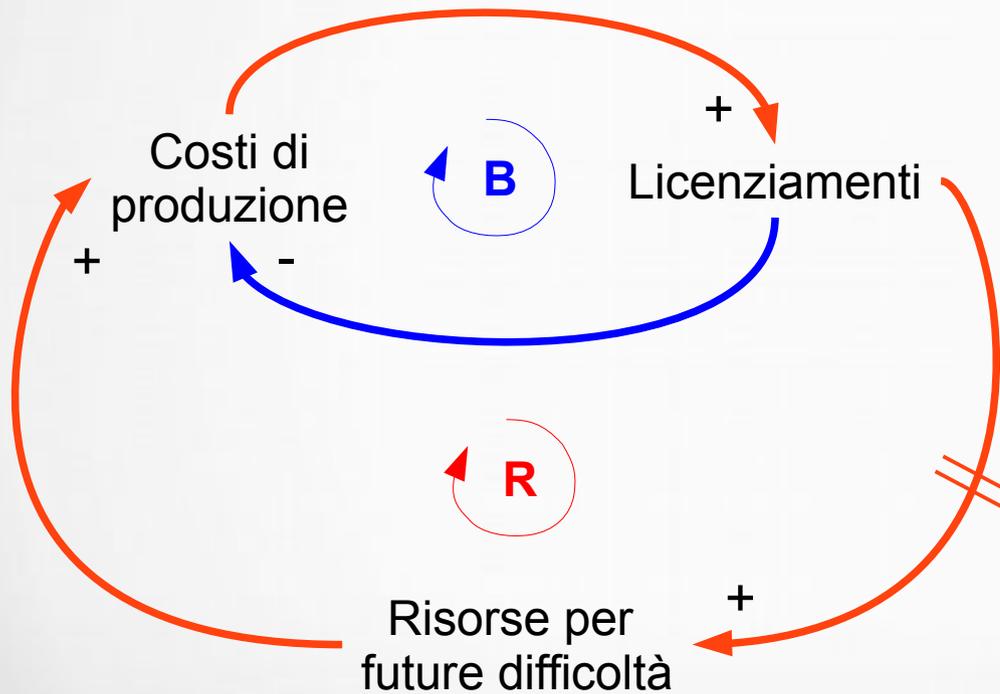
# Soluzioni che falliscono (Fixes that fail)

- **Esempi:** uso di antinfiammatori

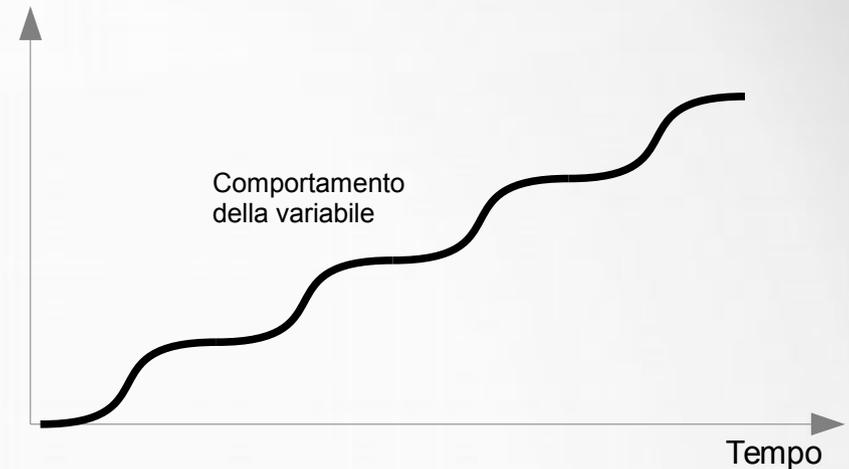
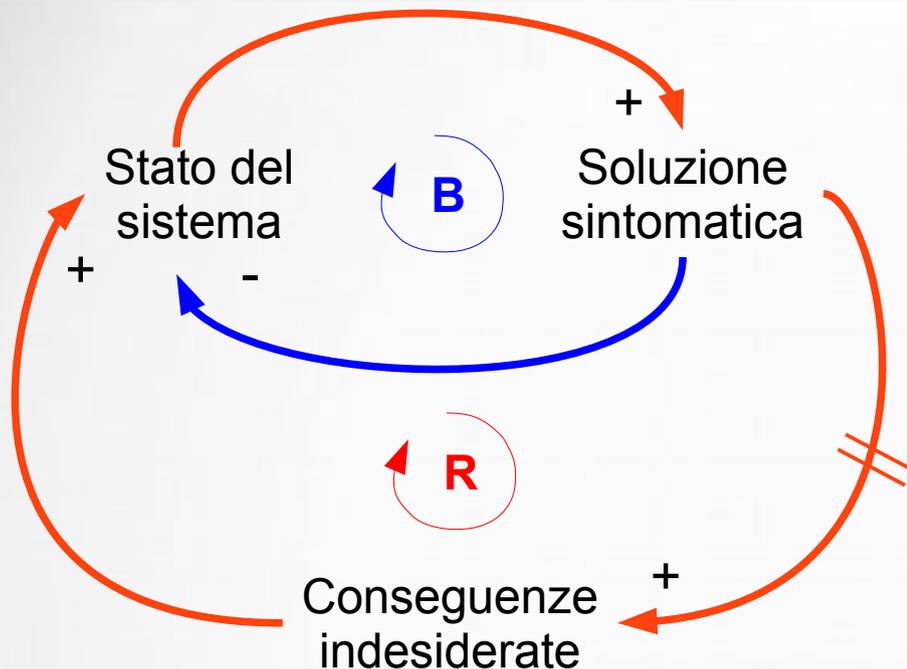


# Soluzioni che falliscono (Fixes that fail)

- **Esempi:** licenziamenti e riduzione dei costi



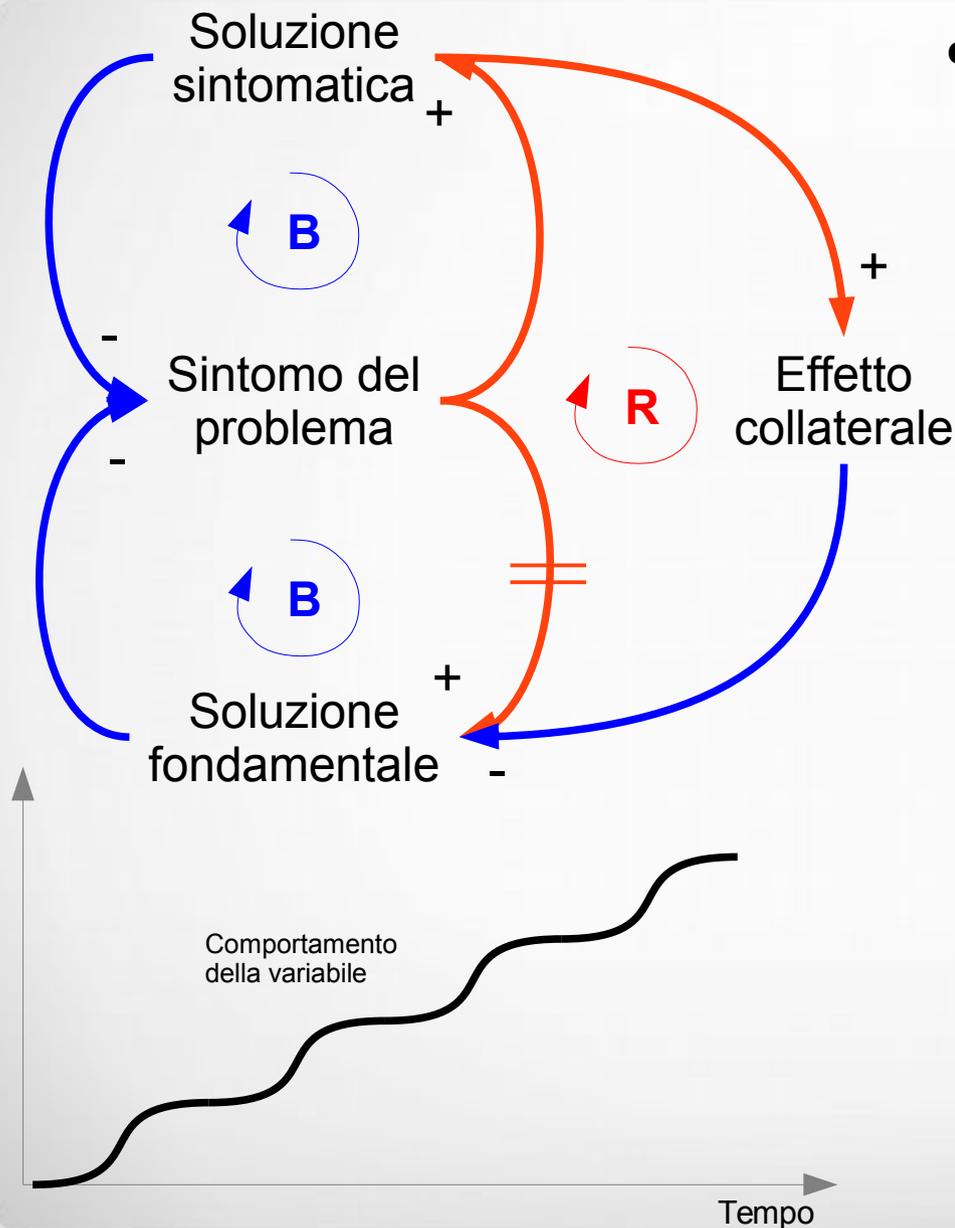
# Soluzioni che falliscono (Fixes that fail)



- **Insegnamento**

Interventi razionali nel breve periodo possono avere conseguenze deleterie nel medio-lungo periodo. Non agire sui sintomi ma capire i problemi alla radice e fissare obiettivi di lungo periodo.

# Procrastinare gli interventi (Shifting the burden)

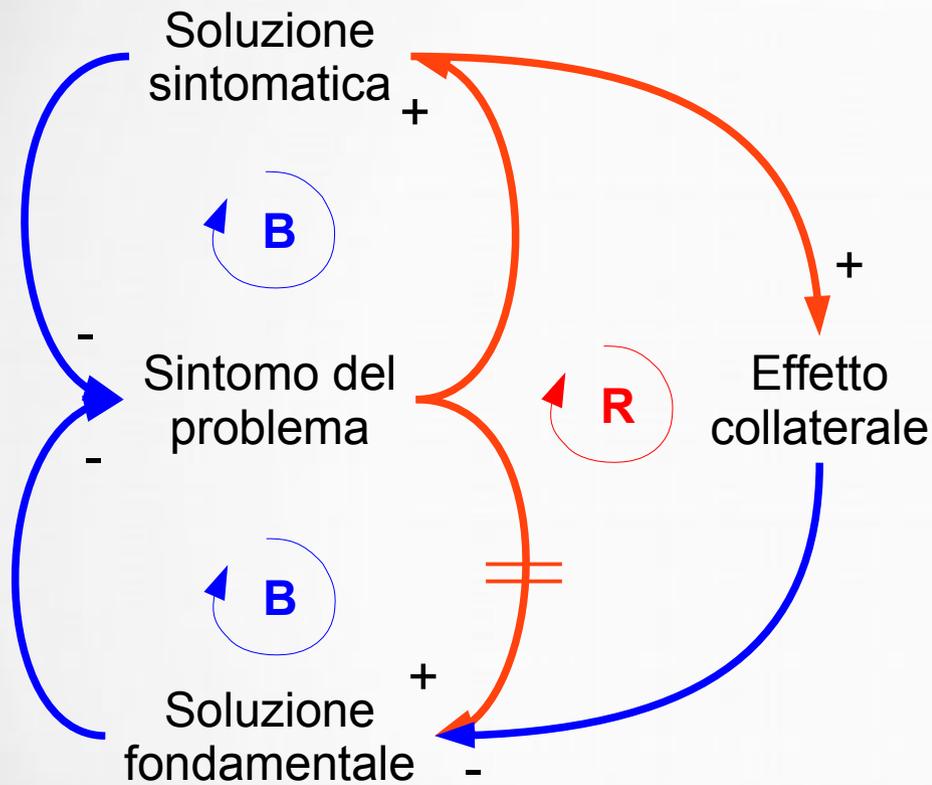


- **Comportamento problematico**

La soluzione sintomatica sembra attenuare i sintomi del problema ma, non solo determina un peggioramento della situazione, preclude anche la possibilità di intervenire in modo più radicale nel lungo termine.

# Procrastinare gli interventi (Shifting the burden)

- **Descrizione della struttura del sistema**

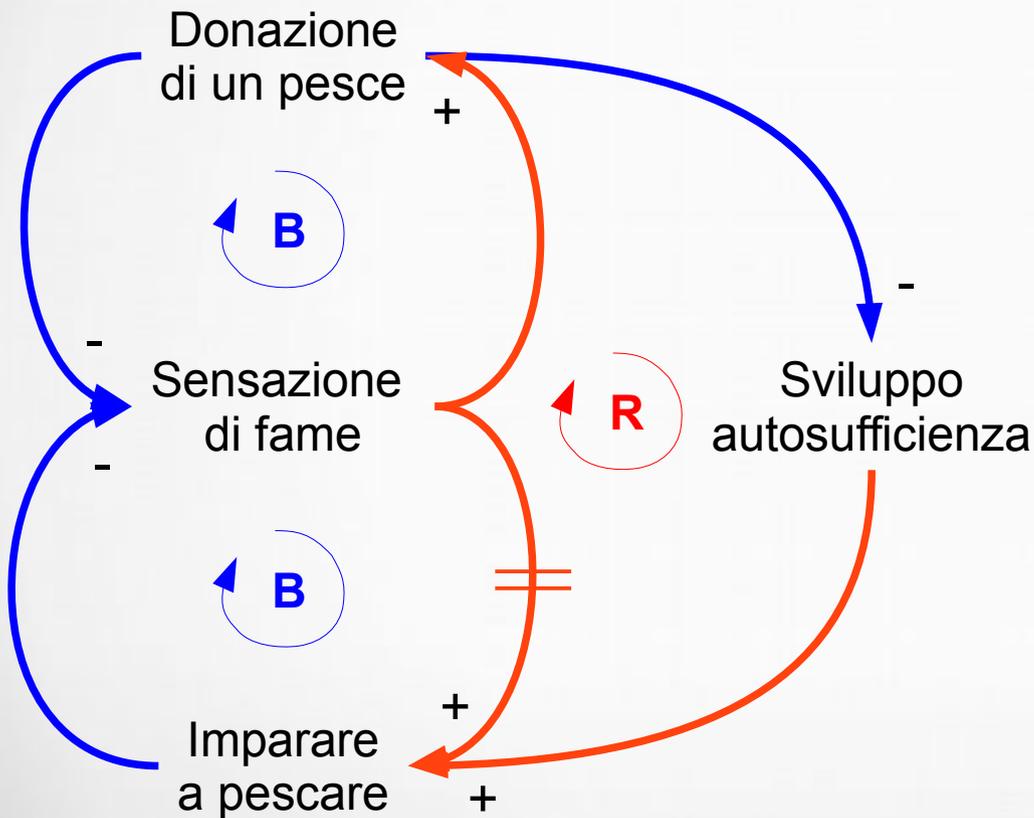


Un primo circuito di retroazione negativa per la soluzione sintomatica e un secondo circuito con ritardo per quella fondamentale (ha bisogno di più tempo). Un circuito di retroazione positiva

innescato dalla soluzione sintomatica che rende più difficile l'azione della soluzione fondamentale.

# Procrastinare gli interventi (Shifting the burden)

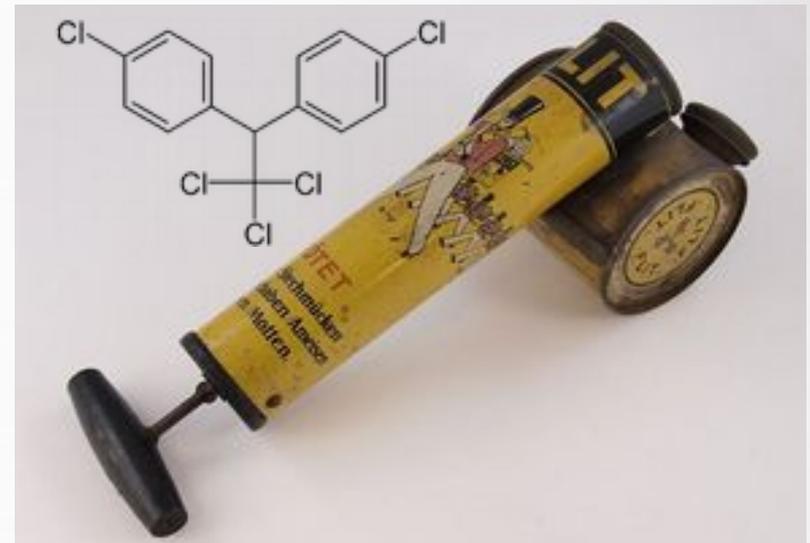
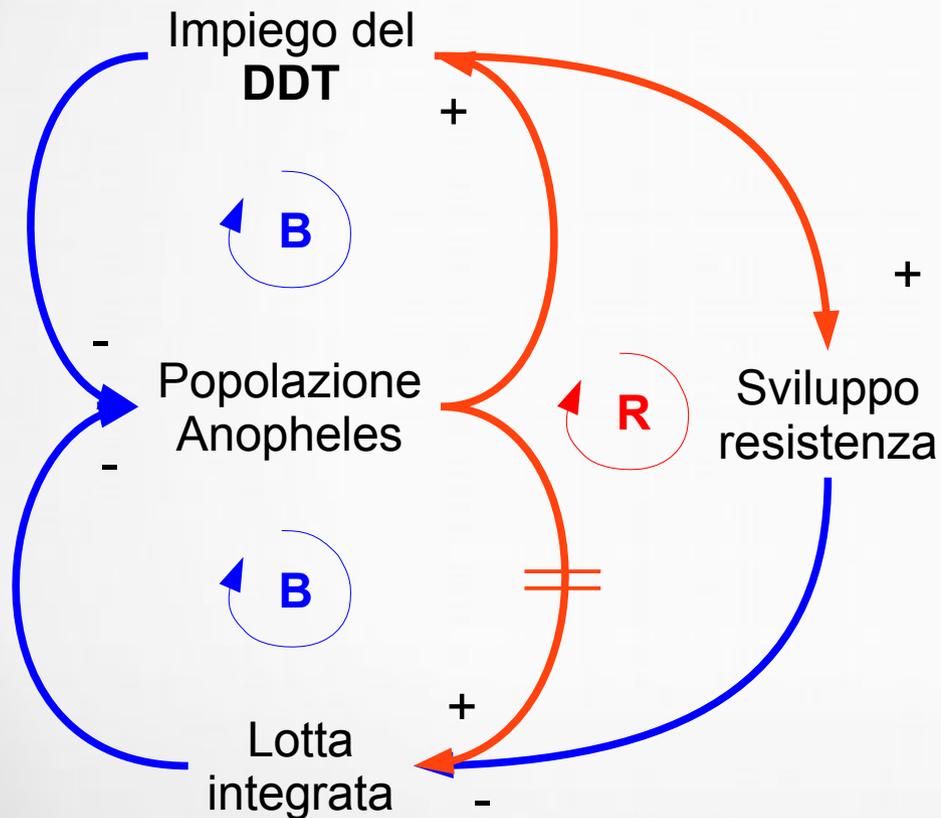
- **Esempio:** sviluppo autosufficienza





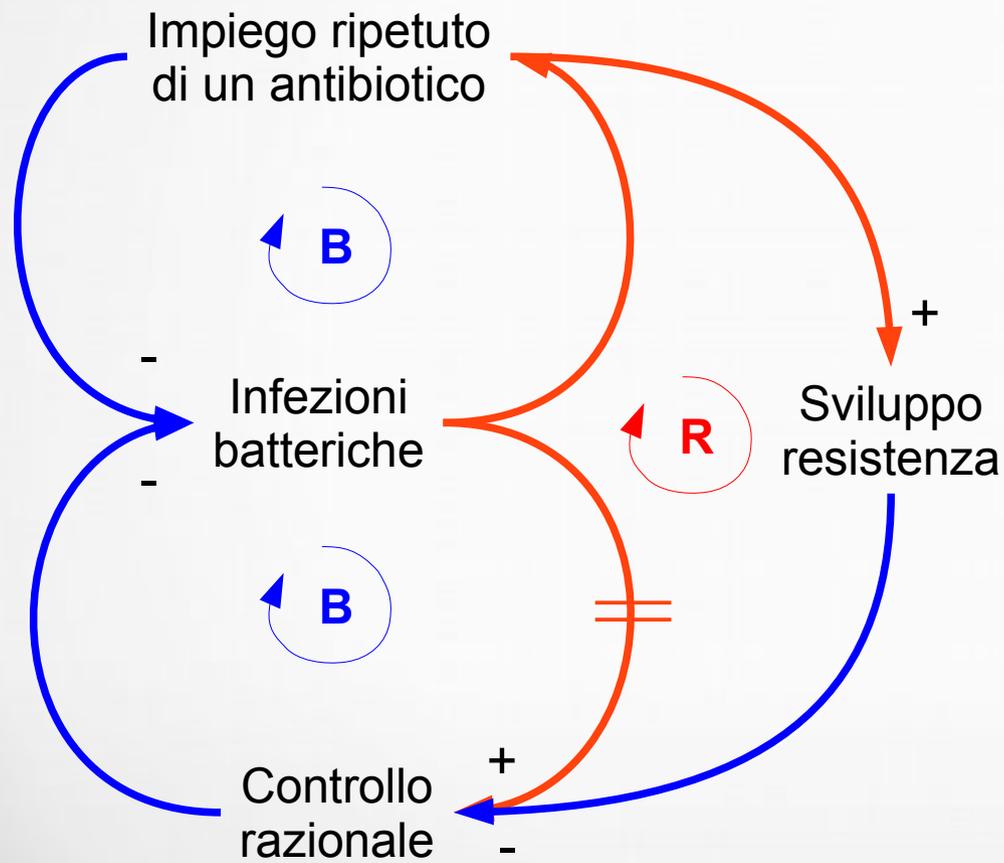
# Procrastinare gli interventi (Shifting the burden)

- **Esempio:** lotta all'Anopheles con il DDT



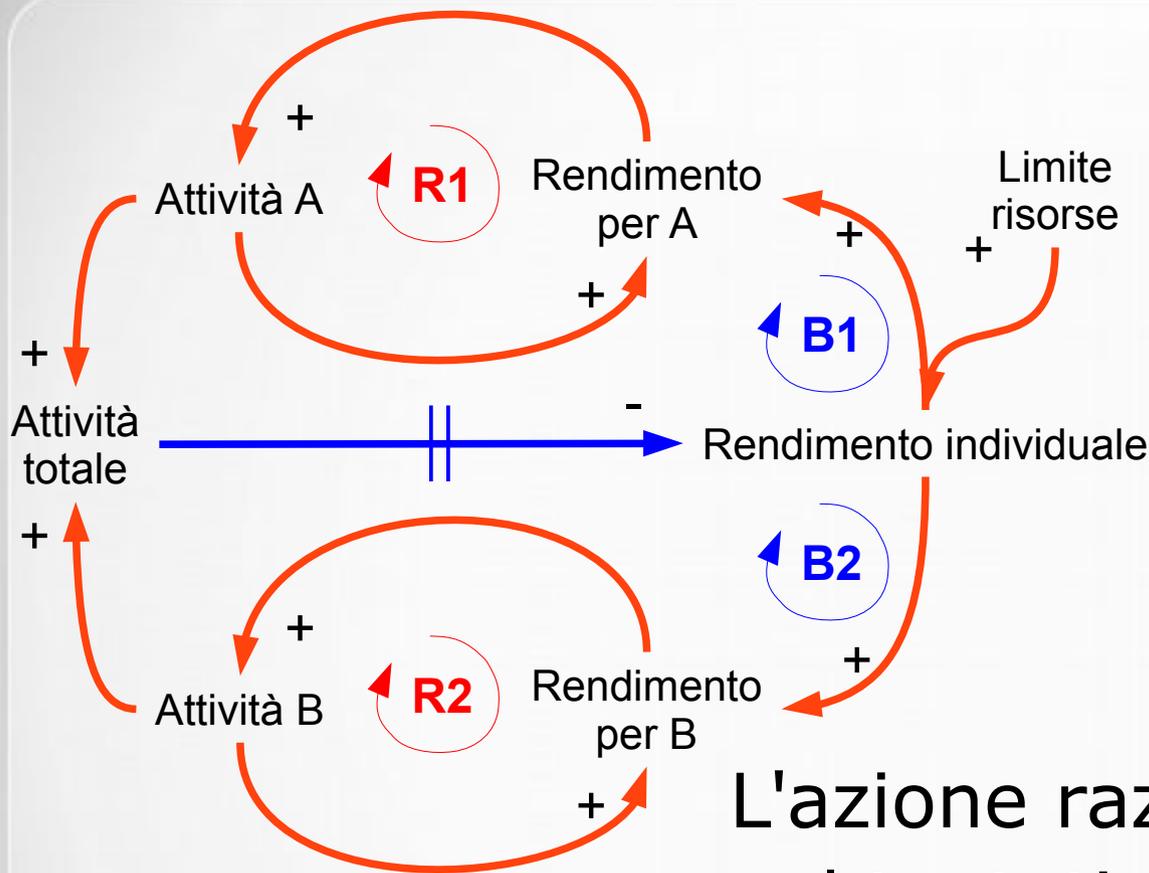
# Procrastinare gli interventi (Shifting the burden)

- **Esempio:** resistenza agli antibiotici





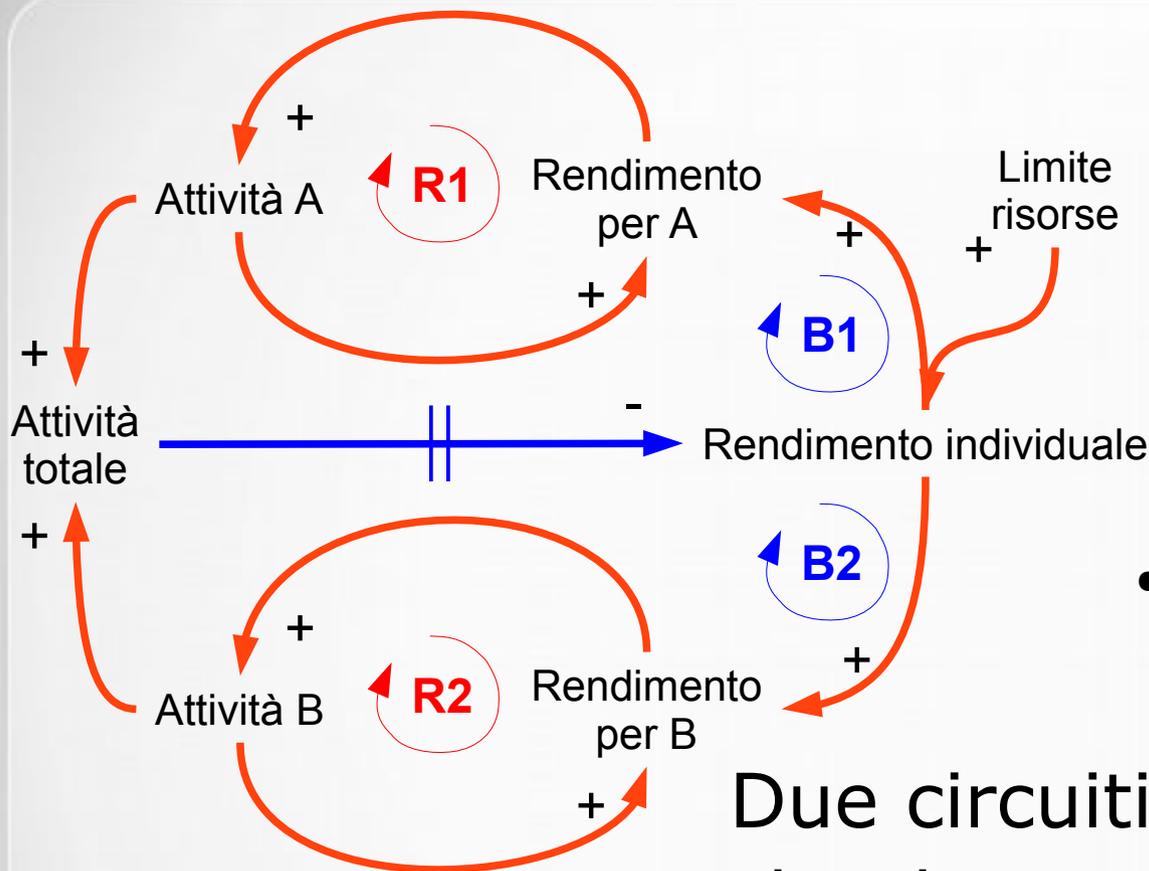
# Tragedia delle risorse comuni (Tragedy of the commons)



- **Comportamento problematico**

L'azione razionale di due individui, nel tentativo di migliorare le loro performance, nel lungo periodo determina il calo del loro rendimento e la successiva irreversibile compromissione del sistema.

# Tragedia delle risorse comuni (Tragedy of the commons)

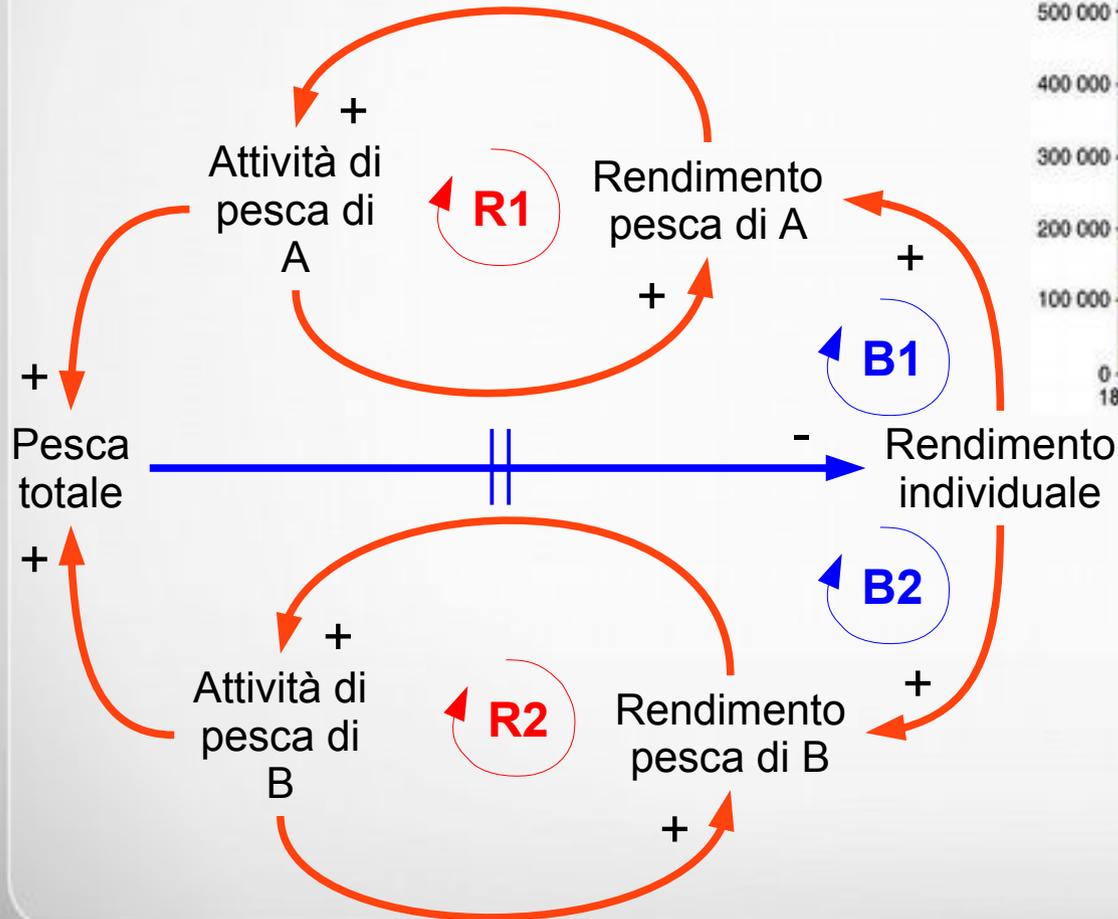


- **Descrizione della struttura del sistema**

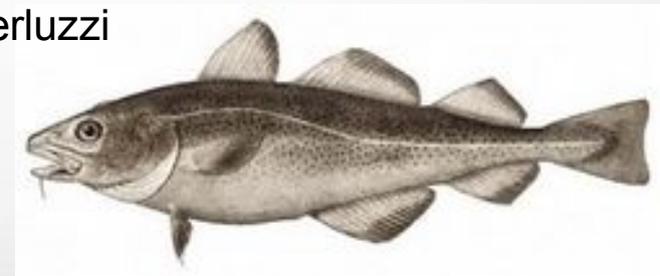
Due circuiti di retroazione positiva che determinano l'iniziale crescita esponenziale e due negativi che determinano il calo delle due attività a causa del limite delle risorse disponibili.

# Tragedia delle risorse comuni (Tragedy of the commons)

- **Esempio:**  
overfishing del merluzzi nell'oceano Atlantico

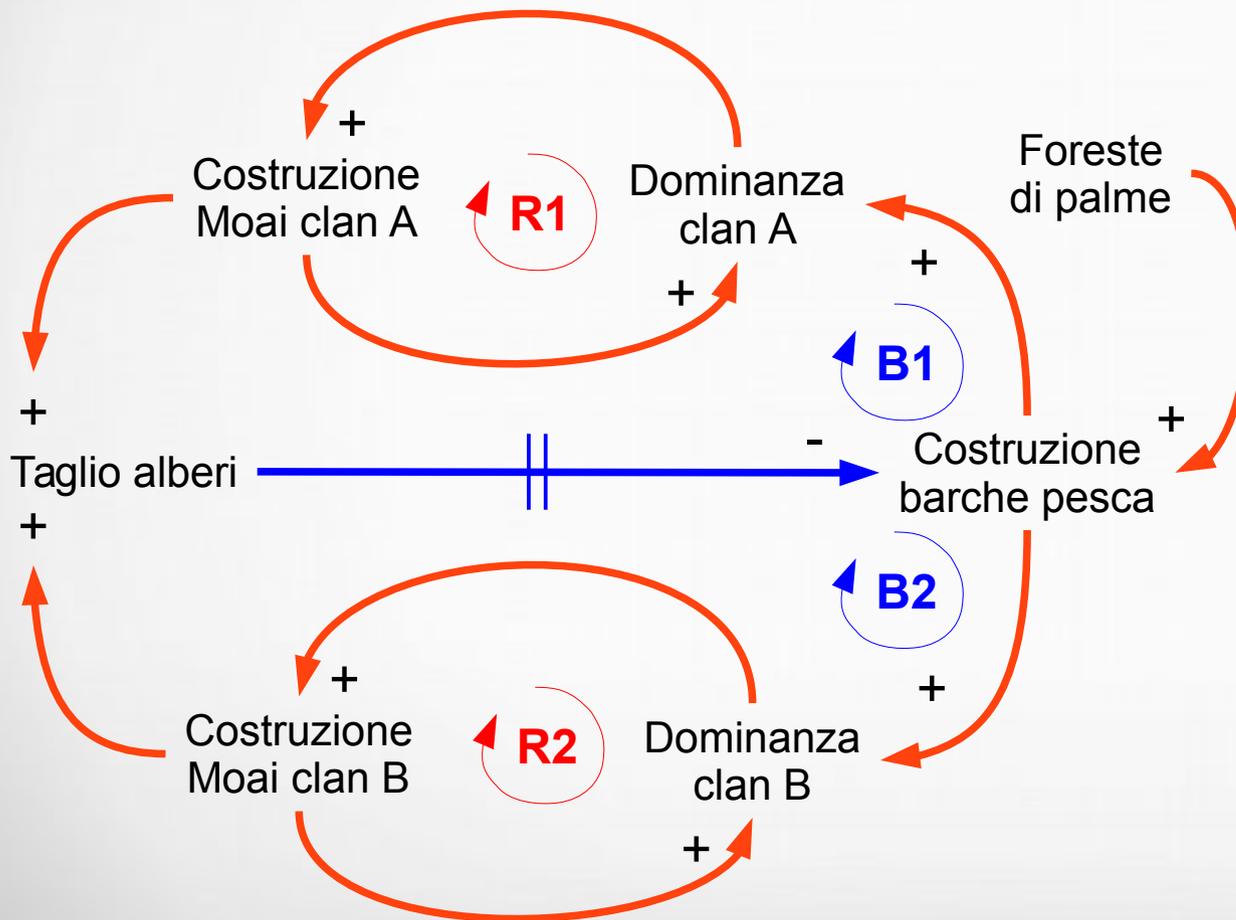


Popolazione merluzzi



# Tragedia delle risorse comuni (Tragedy of the commons)

- **Esempio:**  
la **tragedia** dell'isola di Pasqua

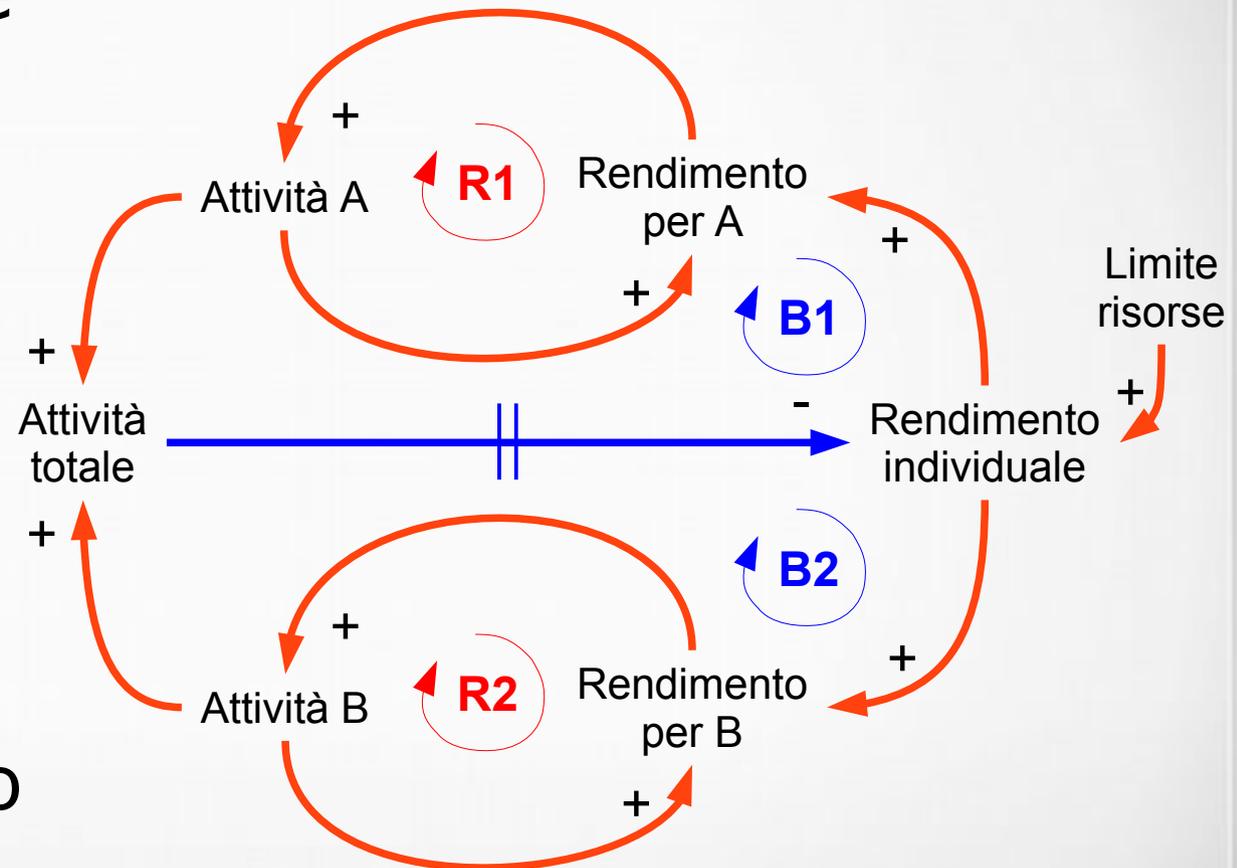


# Tragedia delle risorse comuni (Tragedy of the commons)

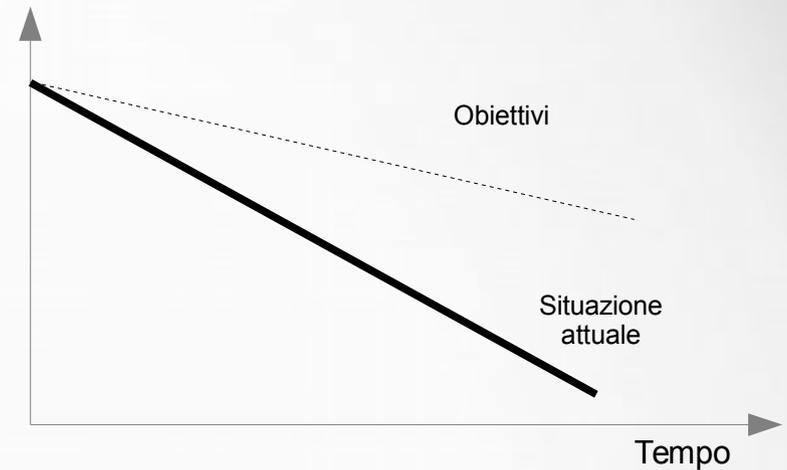
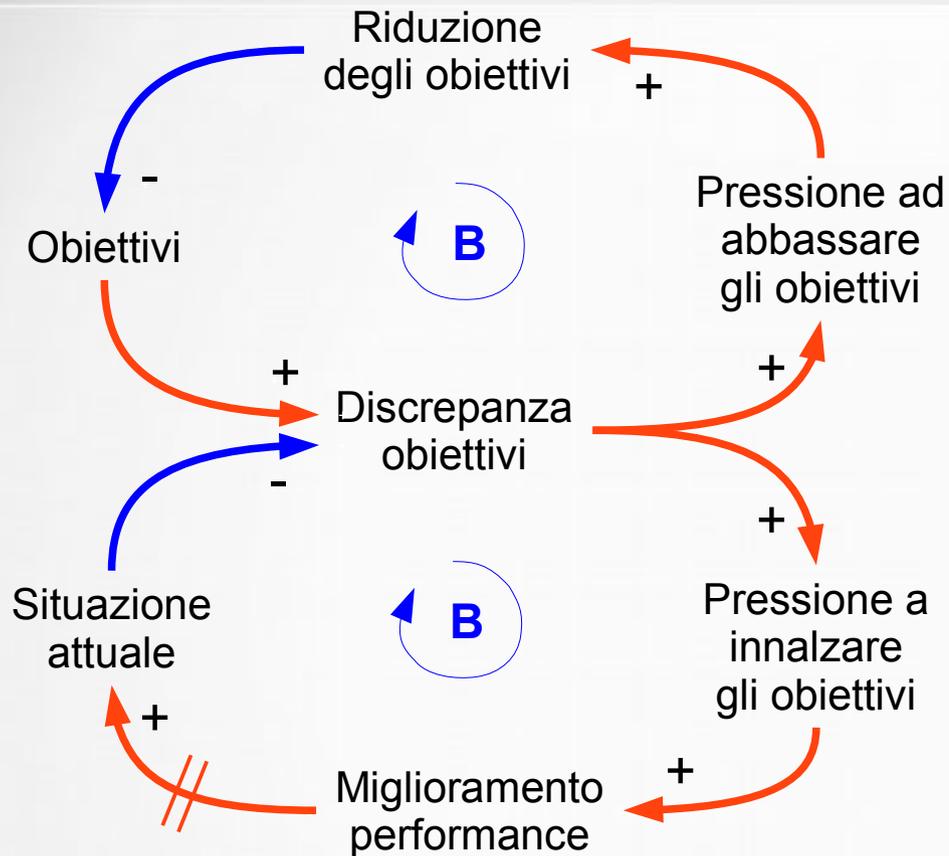
- Insegnamento**

Bisogna considerare i problemi in un'ottica sistemica, collegando crescita e declino delle due attività.

Il problema infatti sorge dal mancato coordinamento dello sfruttamento delle risorse comuni.



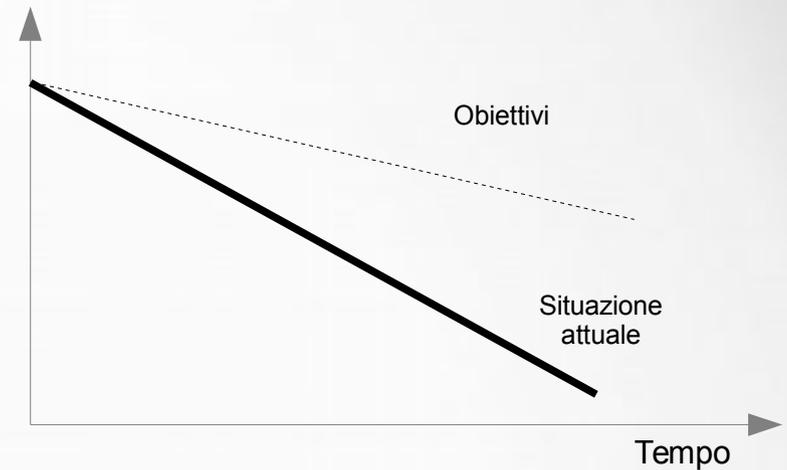
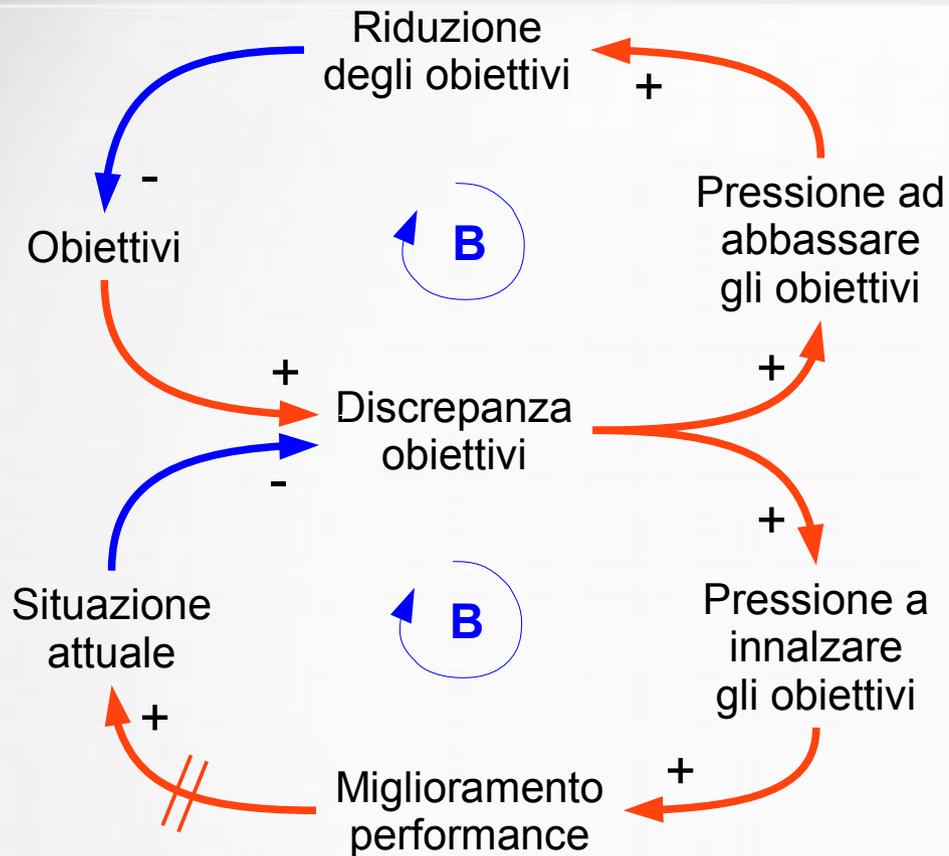
# Erosione degli obiettivi (Eroding goals)



- **Comportamento problematico**

La constatazione del peggioramento di una situazione, anziché puntare allo stato desiderato contribuisce a ridurre le ambizioni e a rivedere gli obiettivi verso il basso.

# Erosione degli obiettivi (Eroding goals)

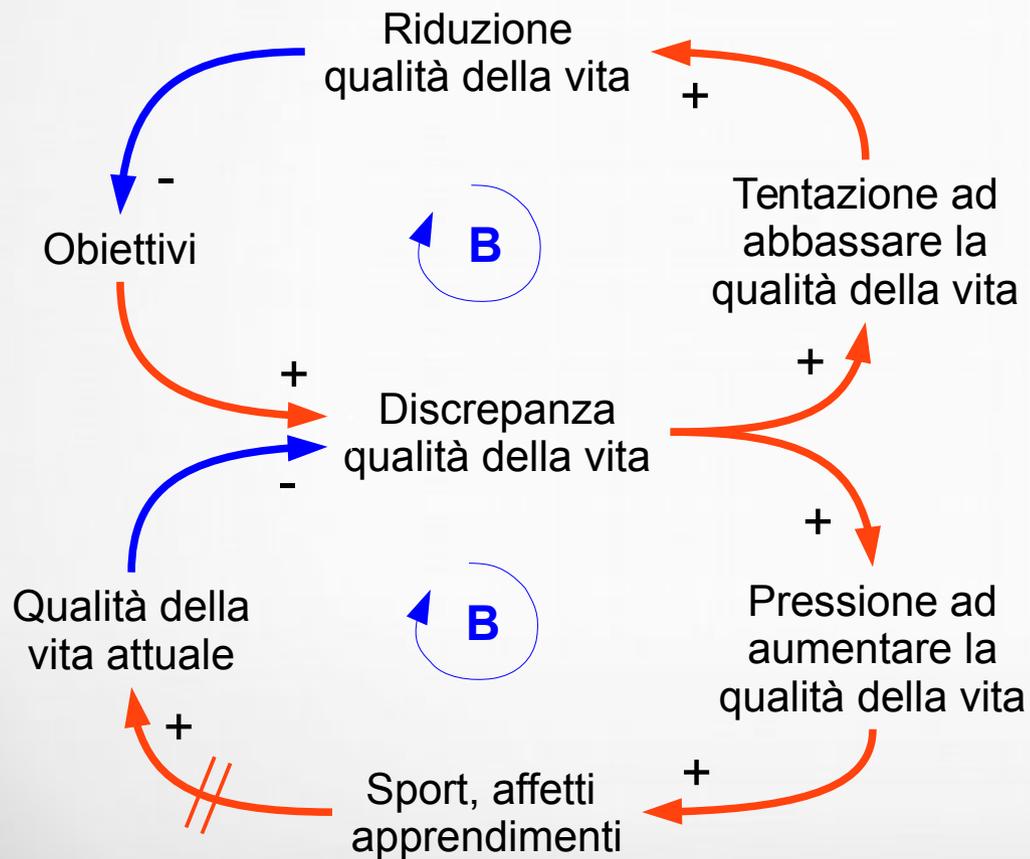


- **Descrizione della struttura del sistema**  
Il primo circuito (soluzione transitoria)

tende a rivedere gli obiettivi verso il basso, il secondo circuito, con ritardo (le soluzioni radicali hanno bisogno di più tempo), indica la soluzione radicale.

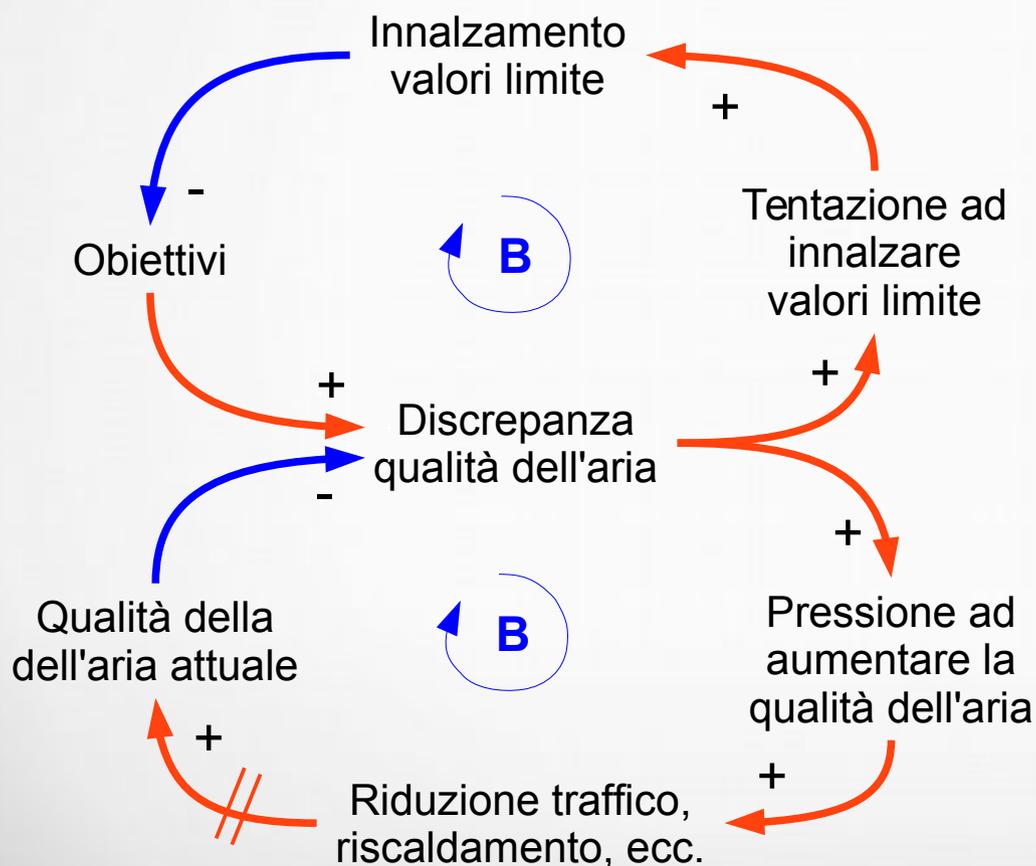
# Erosione degli obiettivi (Eroding goals)

- **Esempio:**  
qualità della vita

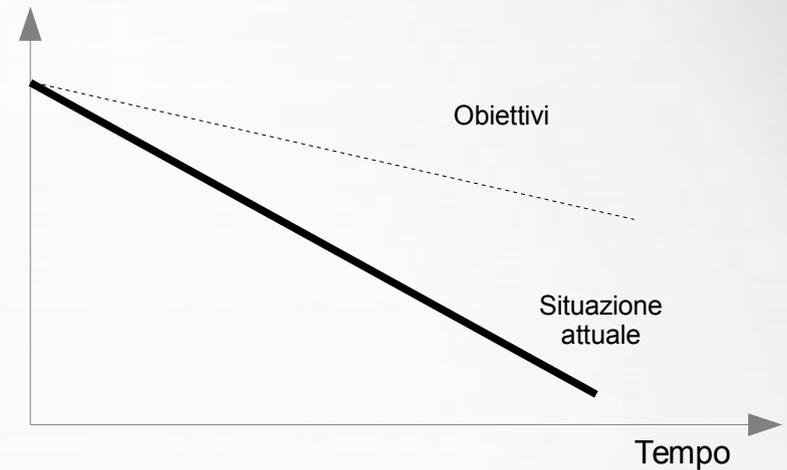
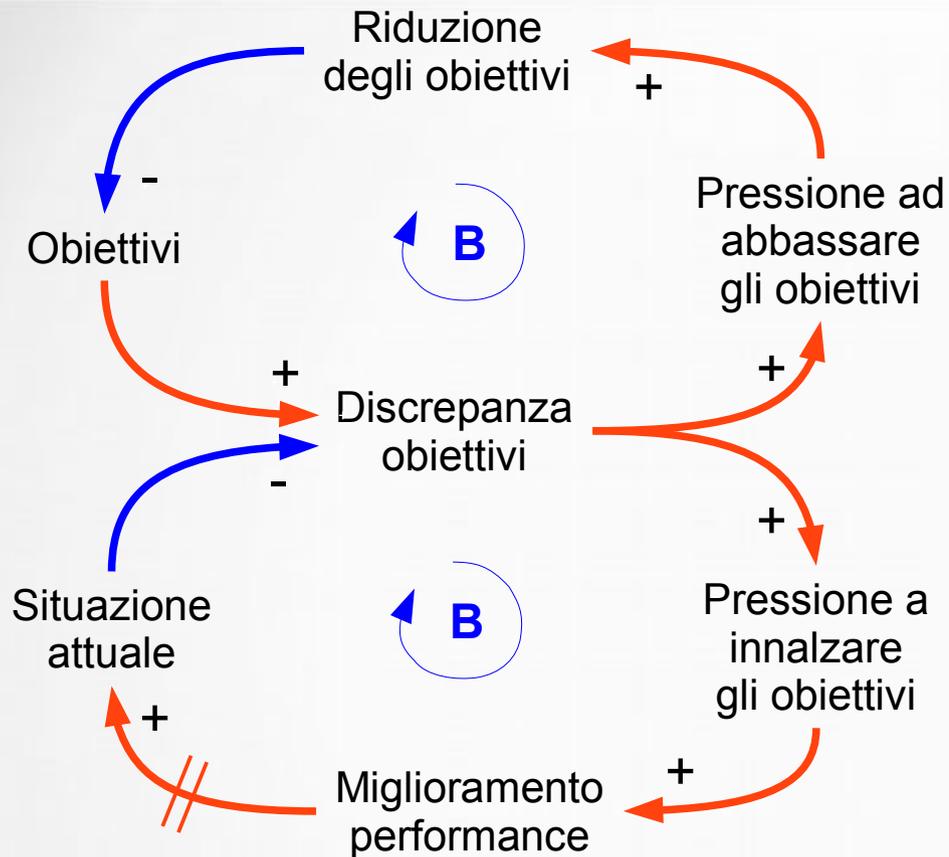


# Erosione degli obiettivi (Eroding goals)

- **Esempio:** livelli CO<sub>2</sub> e qualità dell'aria



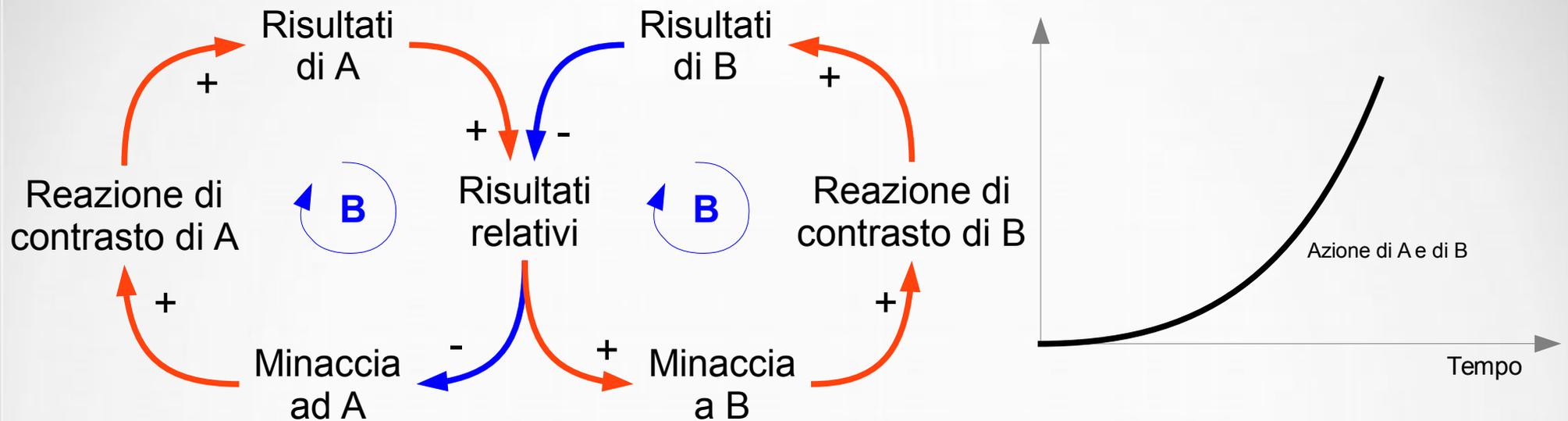
# Erosione degli obiettivi (Eroding goals)



- **Insegnamento**

E' importante definire gli obiettivi a lungo termine e utilizzarli come punto di riferimento a cui agganciare la definizione di tutti i sotto-obiettivi.

# Escalation (8 shaped balancing)

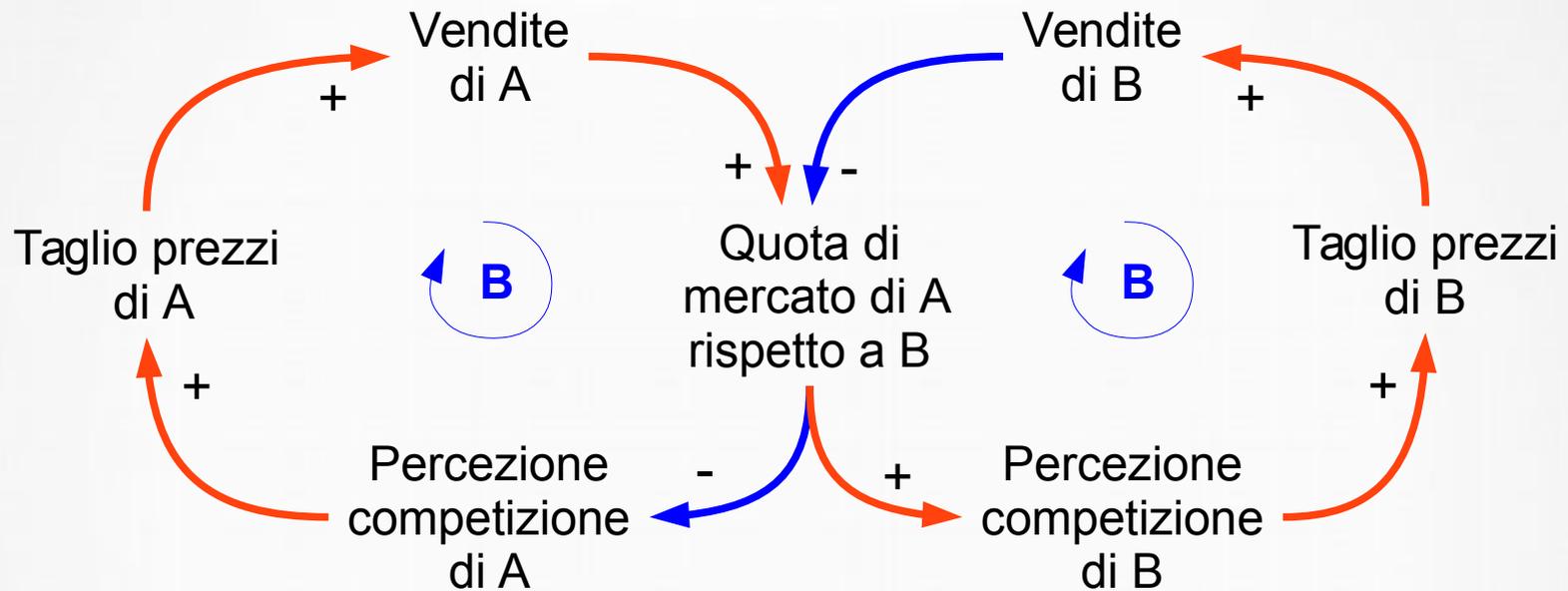


- **Comportamento problematico**

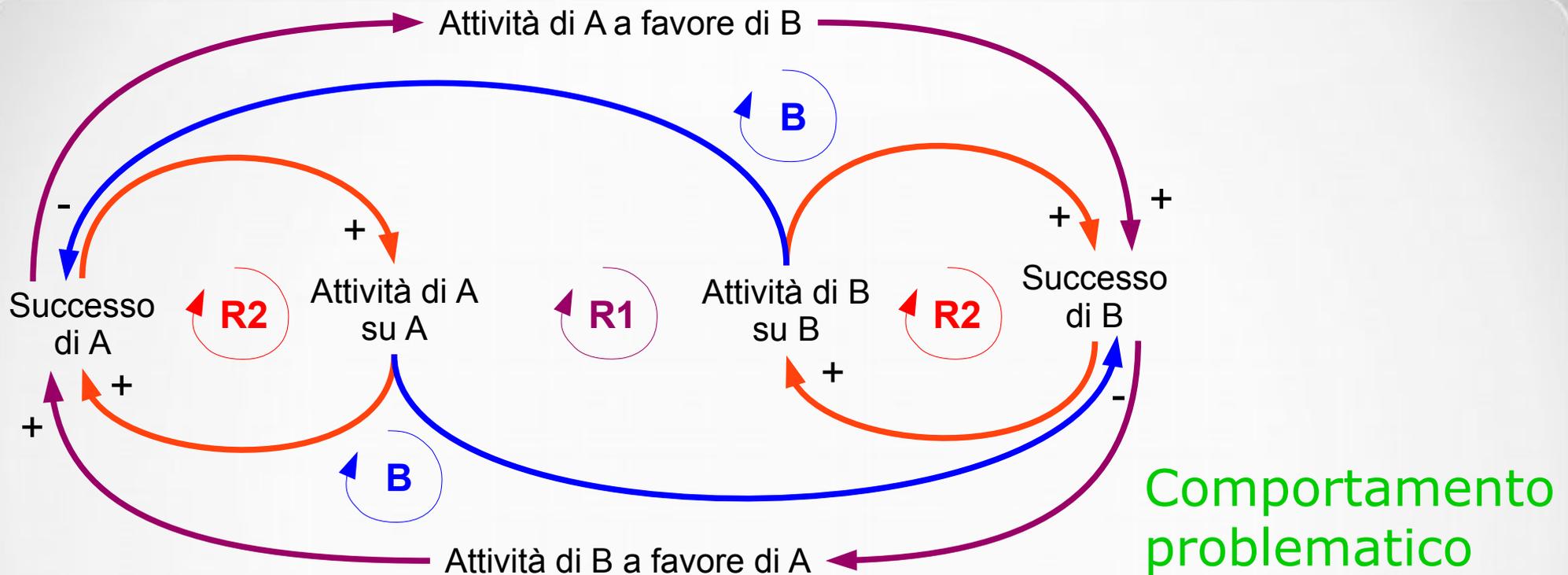
Due attori in concorrenza compiono una sequenza di azioni per reagire al comportamento dell'altro ma la spirale di azioni conduce a dei risultati indesiderati per entrambi.

# Escalation (8 shaped balancing)

- **Esempio:** la guerra dei prezzi

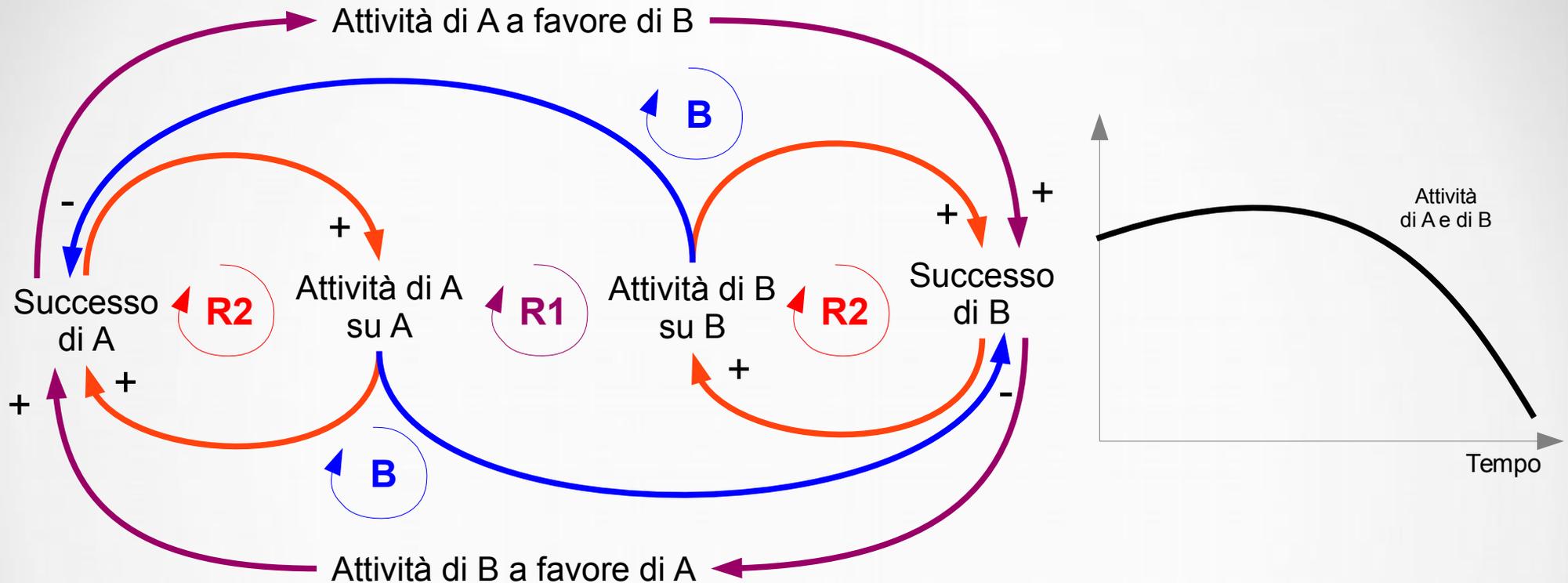


# Avversari accidentali



Inizialmente due soggetti cooperano per il reciproco successo (**R1**). Successivamente mettendo in atto azioni per perseguire il successo individuale (**R2**) si ostacolano a vicenda (**B**), deprimendo le performance collettive ed individuali.

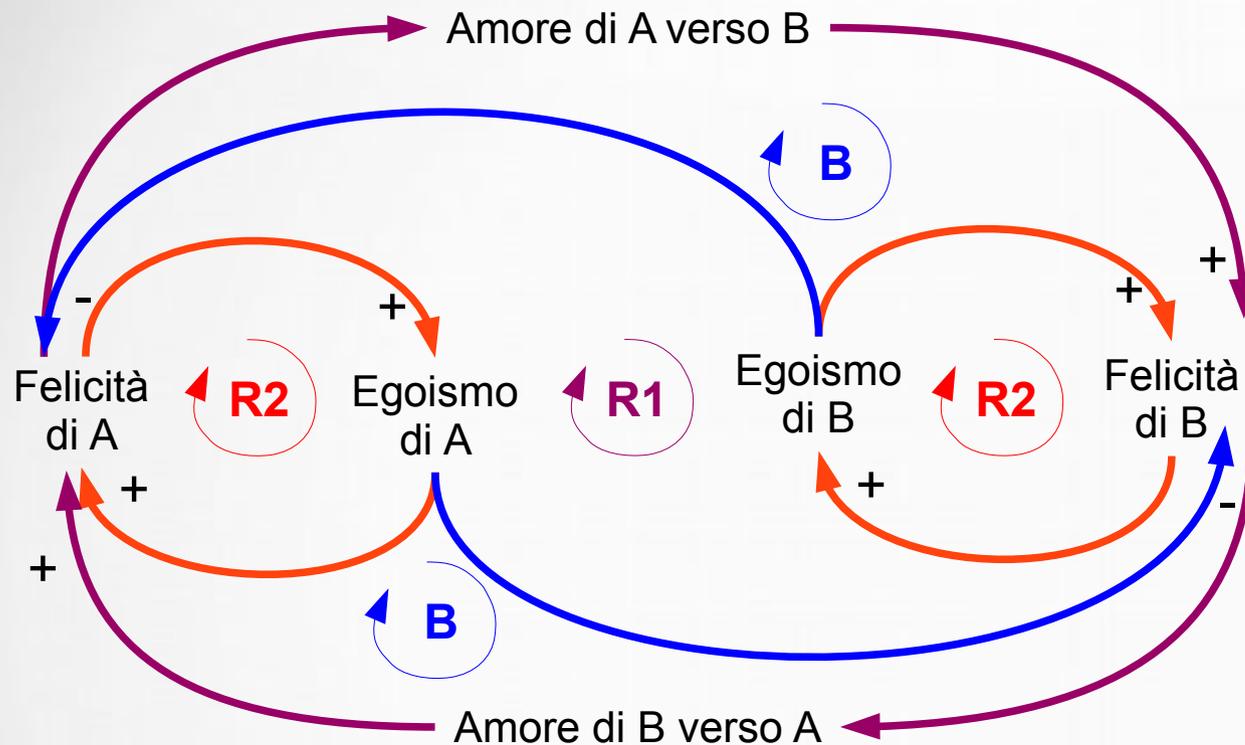
# Avversari accidentali



- **Descrizione della struttura del sistema**

I due cicli di feedback negativo (B) nel loro complesso vanificano l'attività cooperativa (R1) dei due attori.

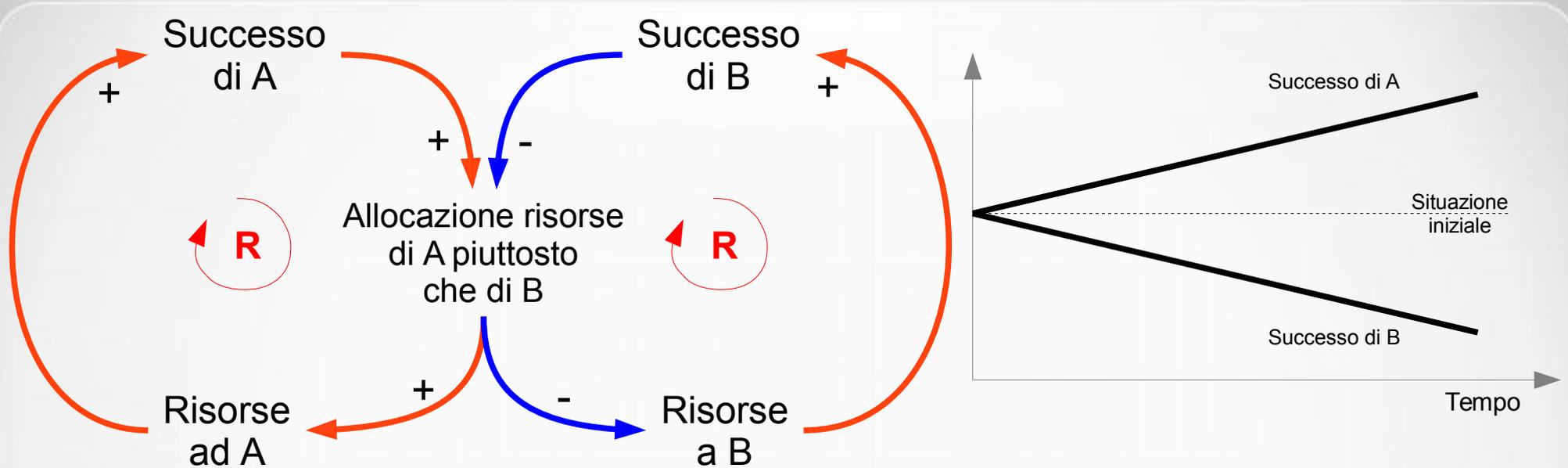
# Avversari accidentali



- **Esempio: crisi coniugale**

L'eccessiva cura della propria persona può essere fraintesa come manifestazione di egoismo e minare il rapporto coniugale.

# Successo a chi ha successo (Success to the successful)

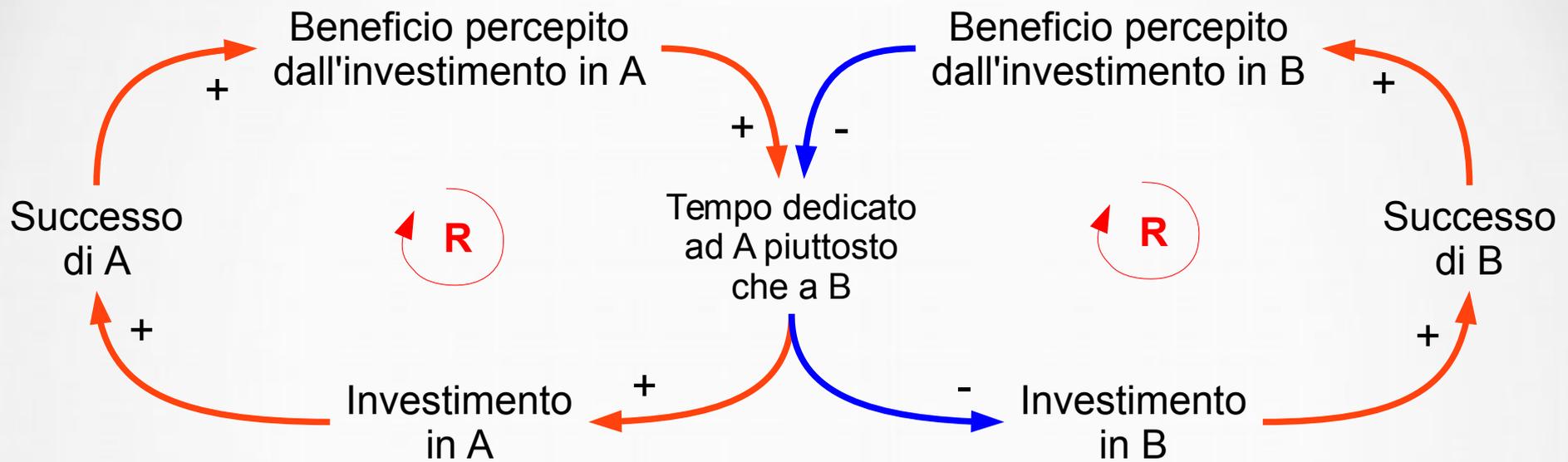


- **Comportamento problematico**

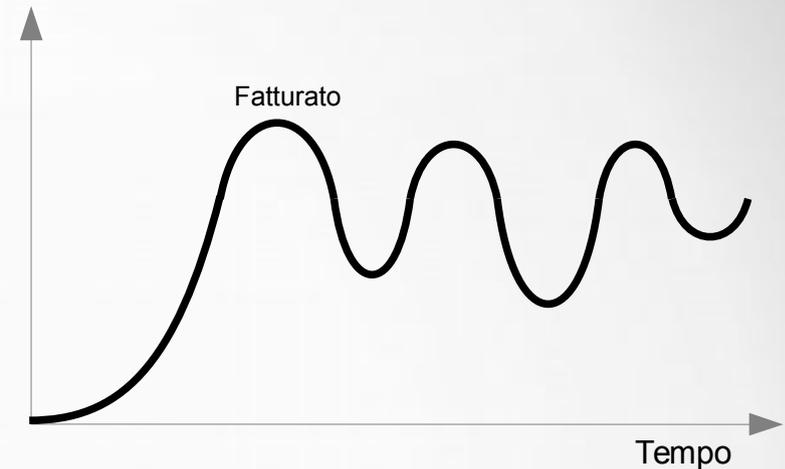
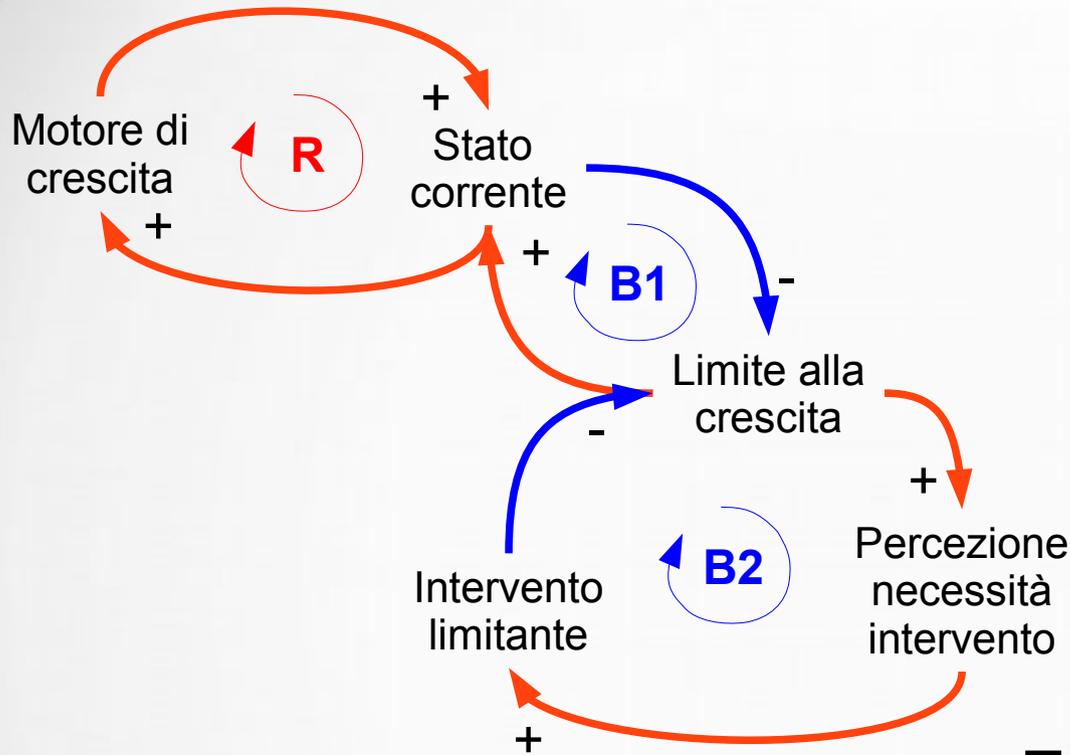
Due attori competono per risorse scarse comuni e l'attore che per primo inizia ad accumulare parte di tali risorse ha più facilità di conquistare quote aggiuntive di risorse.

# Successo a chi ha successo (Success to the successful)

- **Esempio:** profezie che si avverano



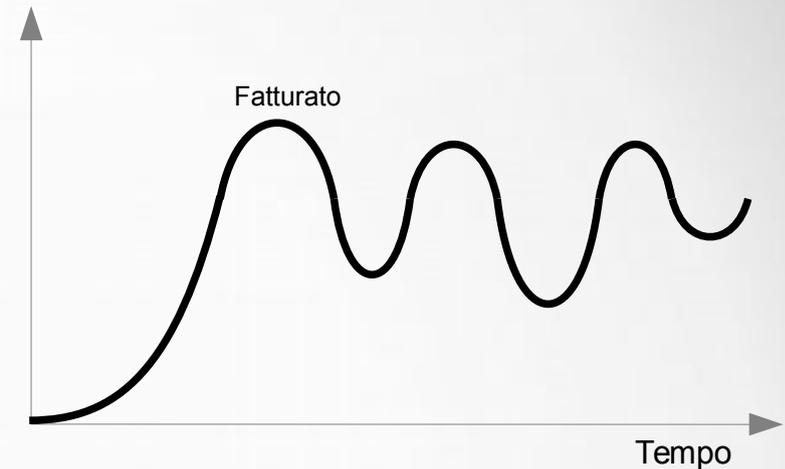
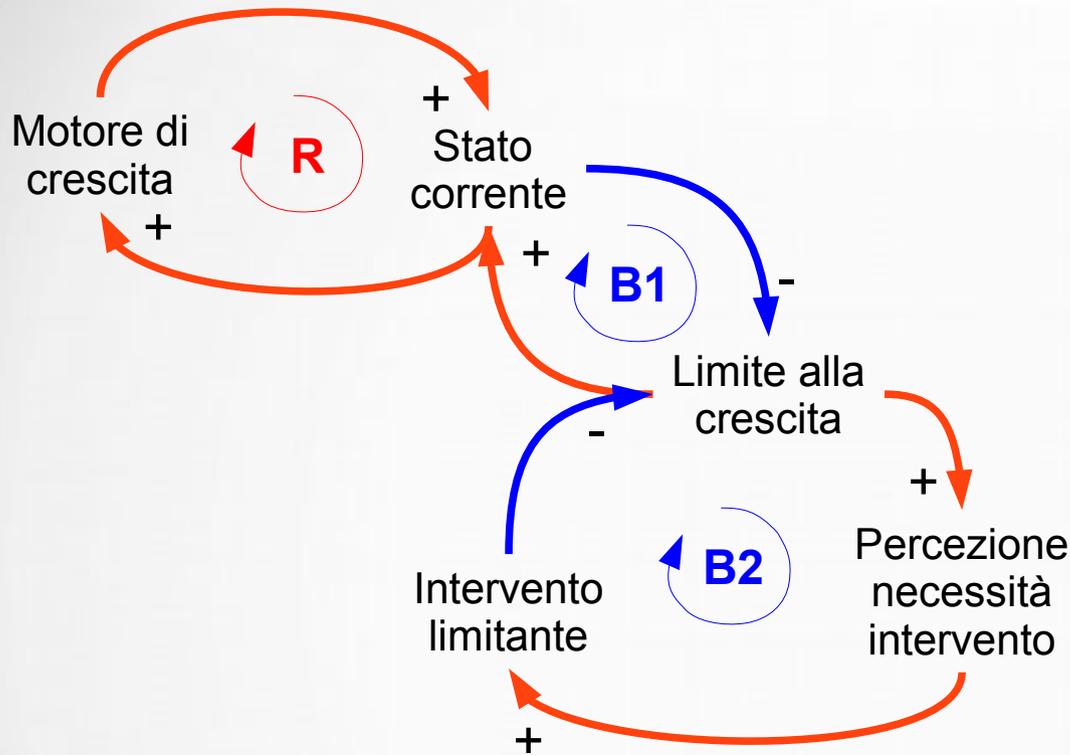
# Sviluppo e sottoinvestimento (Growth and underinvestment)



- **Comportamento problematico**

E' una variante del limite alla crescita. Dopo una crescita esponenziale (B1), l'intervento (B2) per limitare il limite alla crescita (B1) è tardivo e poco convinto, causa una serie di oscillazioni della variabile osservata.

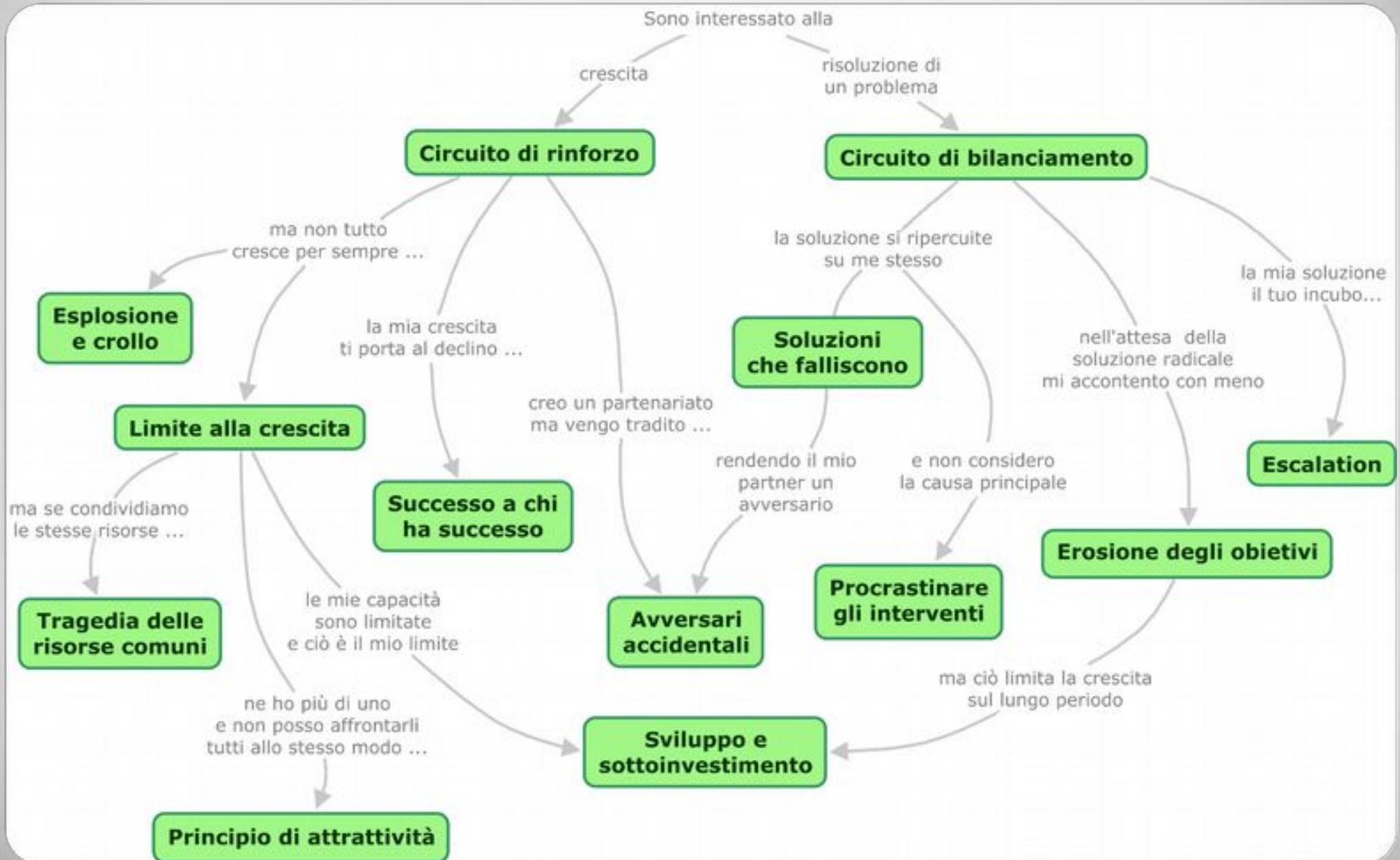
# Sviluppo e sottoinvestimento (Growth and underinvestment)



- **Descrizione della struttura del sistema**

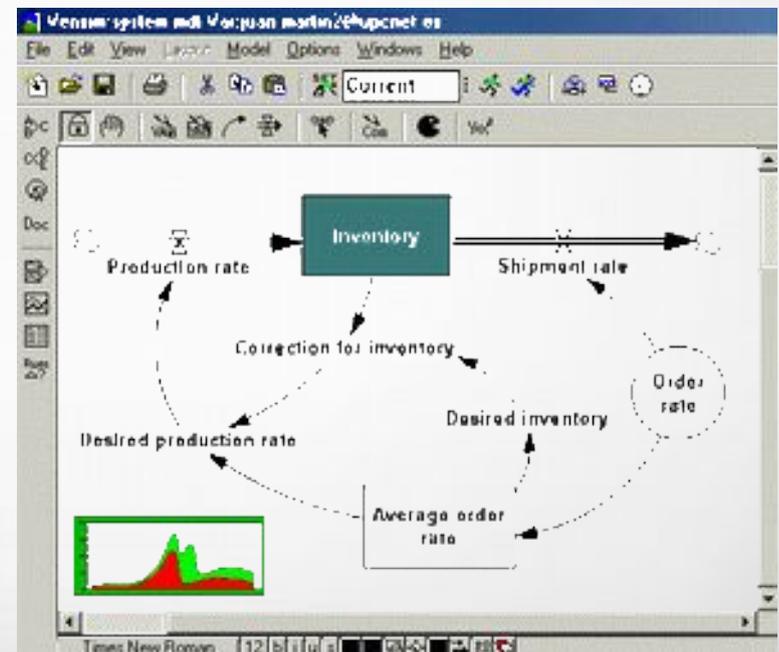
Formato da un circuito positivo (motore della crescita) e due circuiti negativi di cui uno con ritardo (soluzione al problema della riduzione della performance).

# Archetipi sistemici



# System Dynamics

- L'analisi Dinamica dei Sistemi è un insieme di strumenti basati sulla **modellizzazione**, finalizzati alla **comprensione e alla gestione** dei sistemi complessi, principalmente socio-economici.
- L'analisi Dinamica dei Sistemi è basata sull'**introduzione della dimensione tempo** nell'analisi.



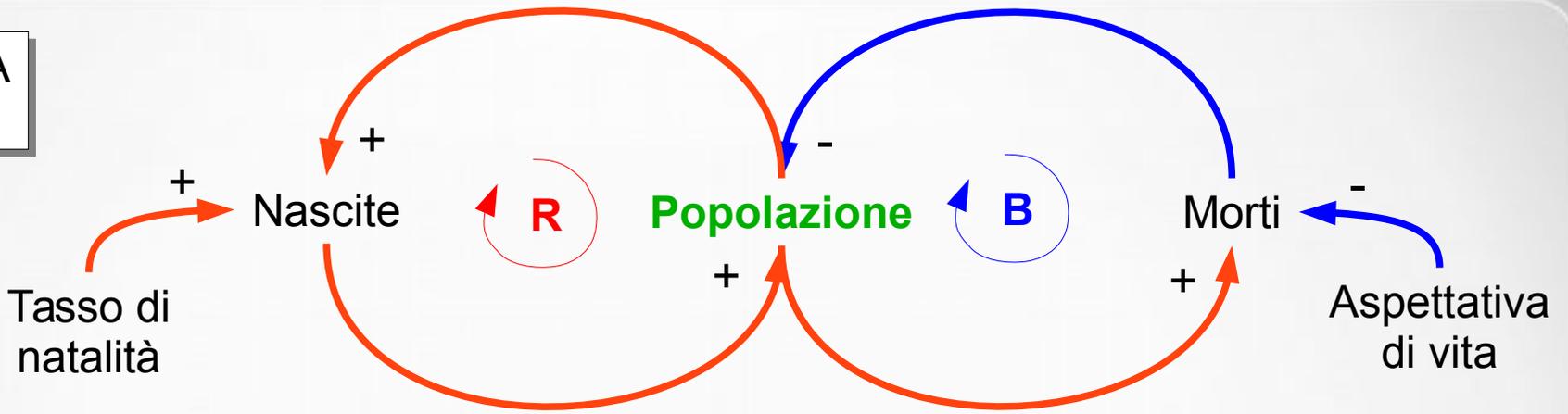
# System Dynamics

- Origine legata al nome di [Jay Forrester](#) (1918)
- Anni '50 MIT (Massachusetts Institute of Thecnology)
- Metà anni '50, primo modello di simulazione sulle oscillazioni produttive della General Electric.
- Pubblica: [Urban Dynamics](#) (1961) e [World2](#) (1970) da cui deriva [Rapporto sui limiti della sviluppo](#) (1972).

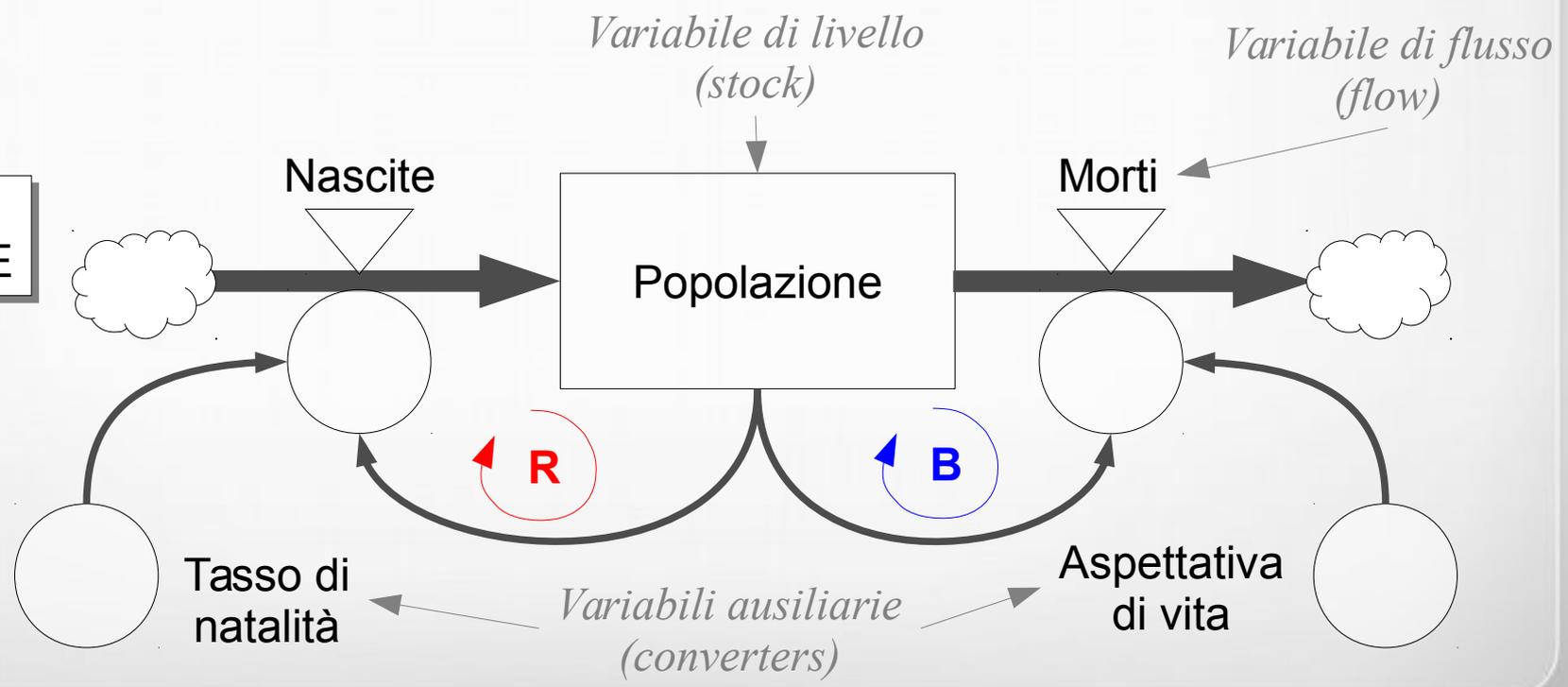


# System Dynamics

DIAGRAMMA CAUSALE

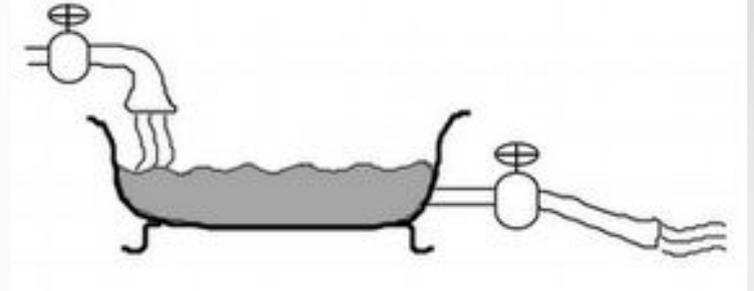


MAPPA STRUTTURALE



# System Dynamics

- **Tipi di variabili**  
nella mappa strutturale:



- ✓ **Livelli (Stock)**: quantità accumulate nel sistema (denaro, magazzino, individui, motivazione, etc.).
- ✓ **Flussi (Flows)**: cambiamenti nel tempo dei livelli (reddito, quantità prodotta, nascite etc.).
- ✓ **Variabili ausiliarie (Converters)**: descrivono le relazioni algebriche tra le altre variabili.

# System Dynamics

- ✓ Livelli (Stock);

$$\text{Popolazione}(t) = \text{popolazione}(t-dt) + (\text{nascite} - \text{morti}) * dt$$

Popolazione Iniziale = 100 persone

- ✓ Flussi (Flows);

$$\text{Morti} = \text{Popolazione} / \text{Aspettativa di Vita}$$

$$\text{Nascite} = \text{Popolazione} * \text{Tasso di natalità}$$

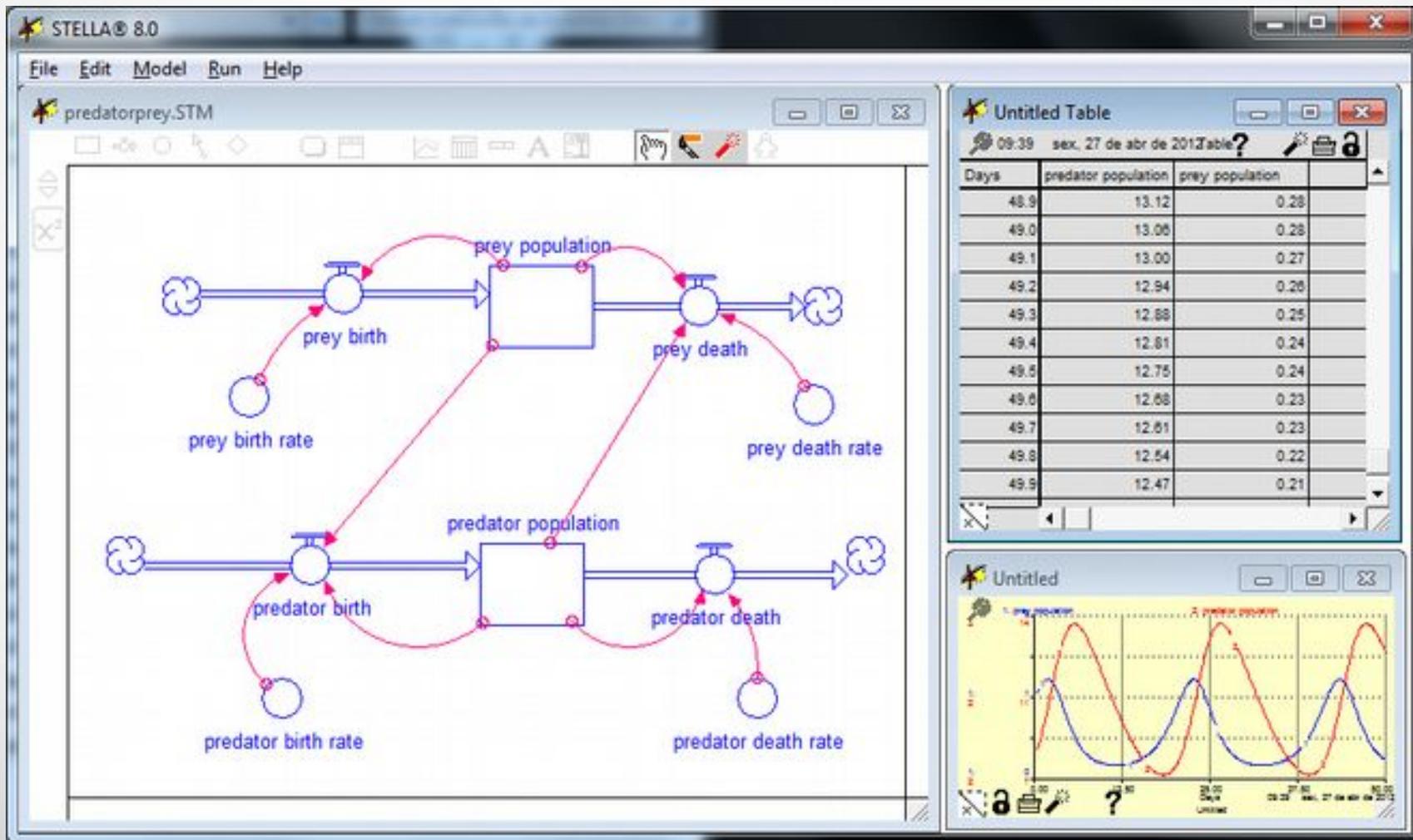
- ✓ Convertitori (Converters);

$$\text{Aspettativa di Vita} = 80 \text{ anni}$$

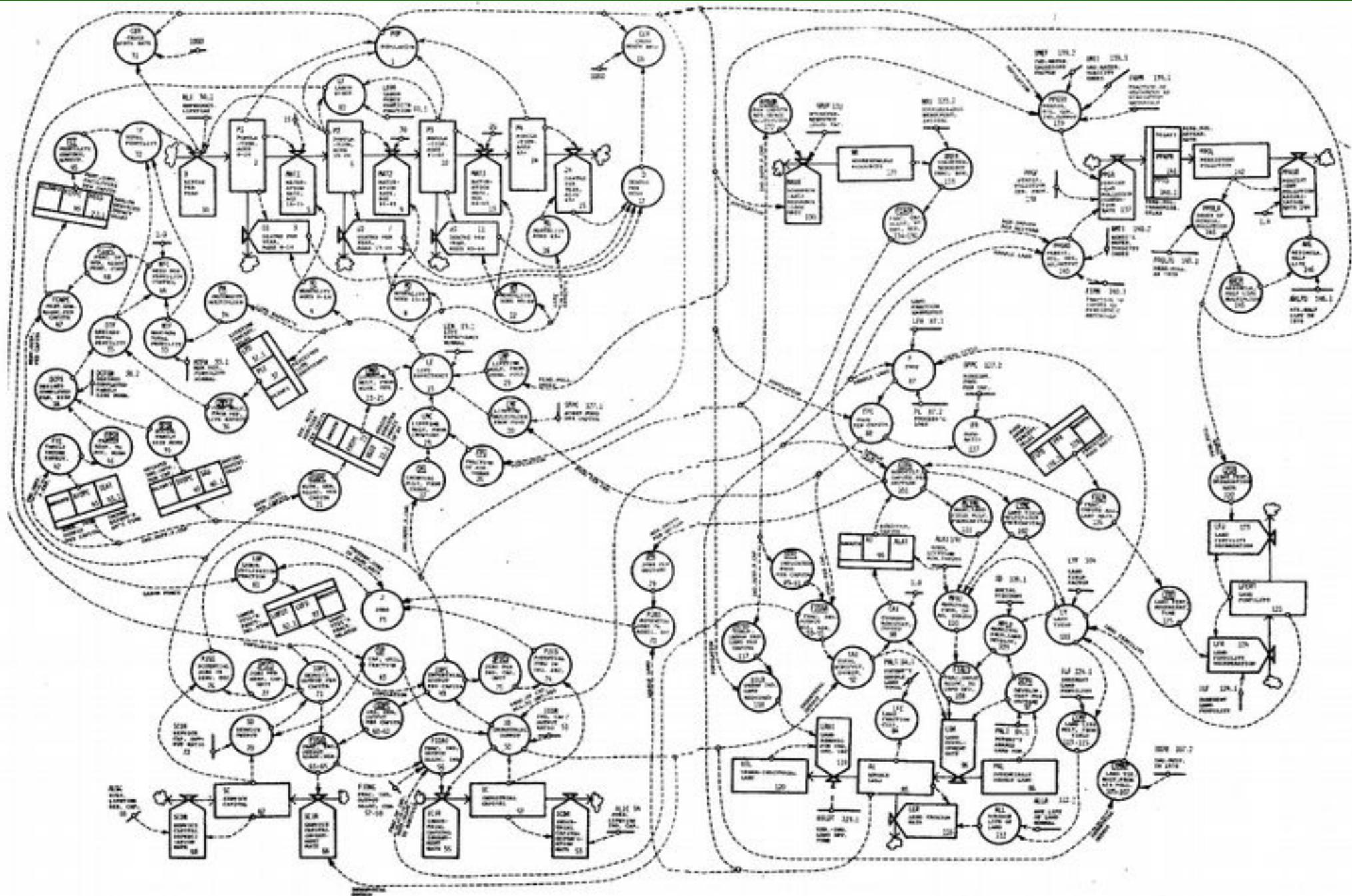
$$\text{Tasso di natalità} = 0,03 \text{ 1/persone}$$

# System Dynamics

- Ambienti di simulazione: [Stella](#), [Vensim](#), [Powersim](#), [Dynamo](#), ...



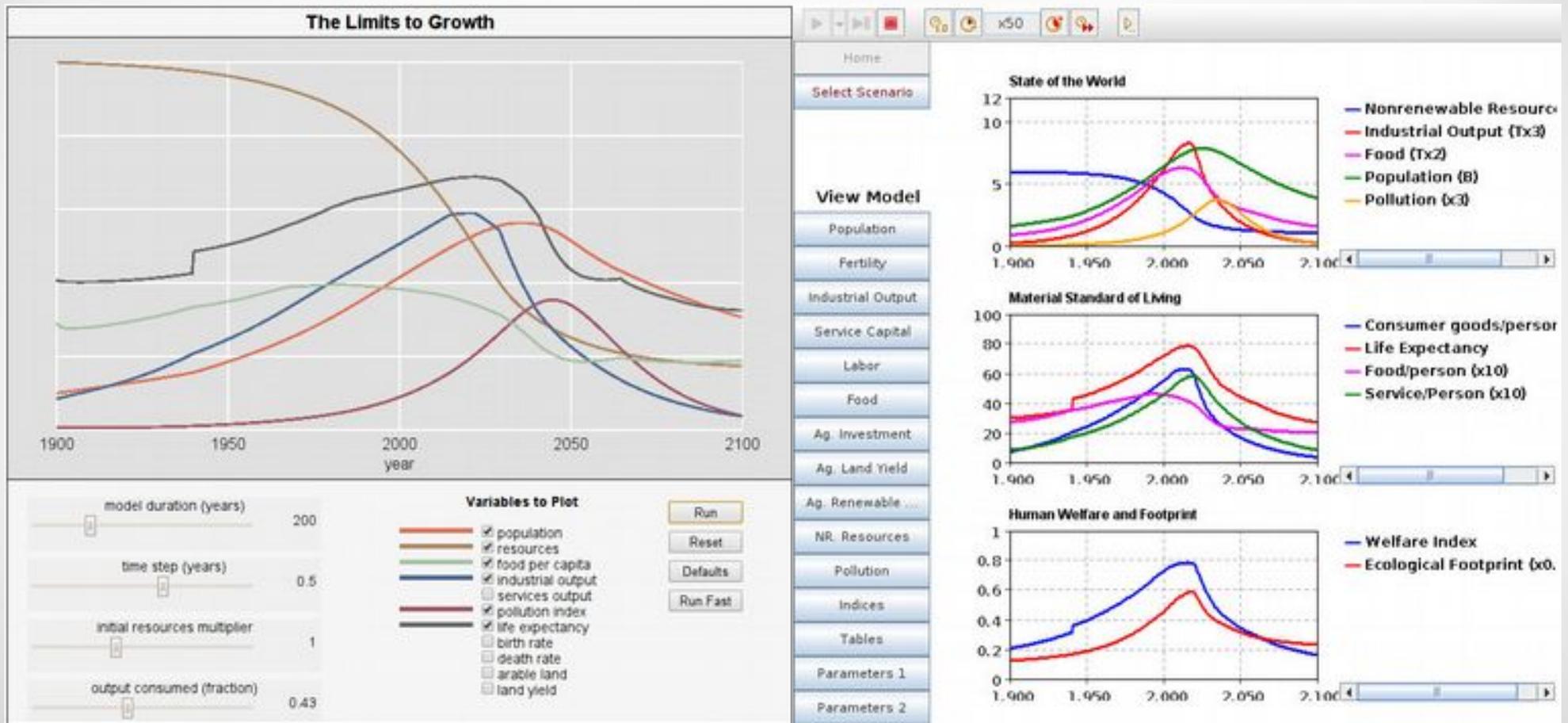
# World3





# World3

- Modelli di simulazione di Word3



<http://bit-player.org/extras/limits/ltg.html>

<http://www.world3simulator.org/>