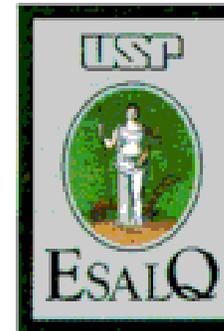




**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**  
**Departamento de Engenharia de Biossistemas**

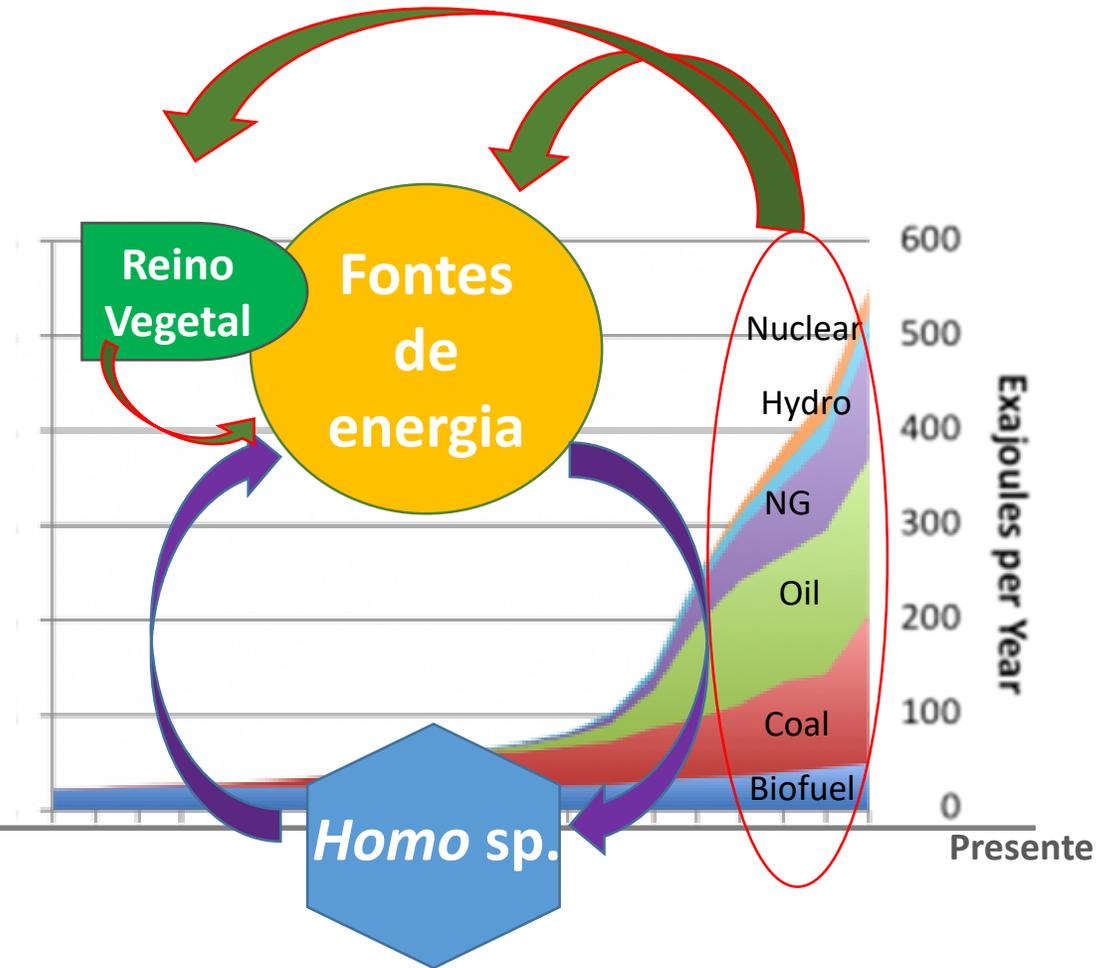
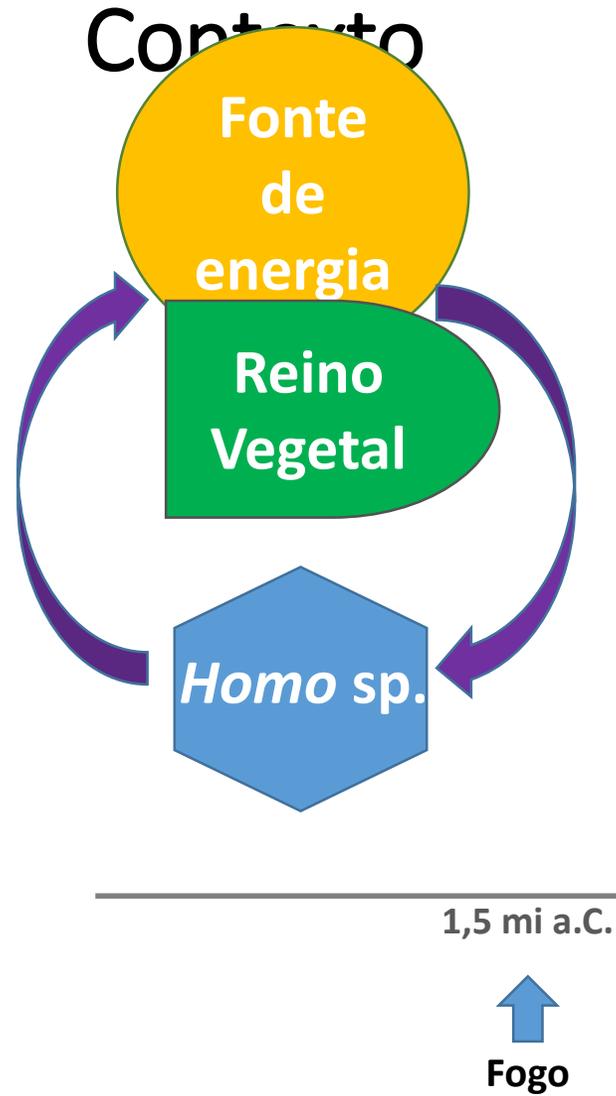


**LEB 244 – Recursos Energéticos e Ambiente**

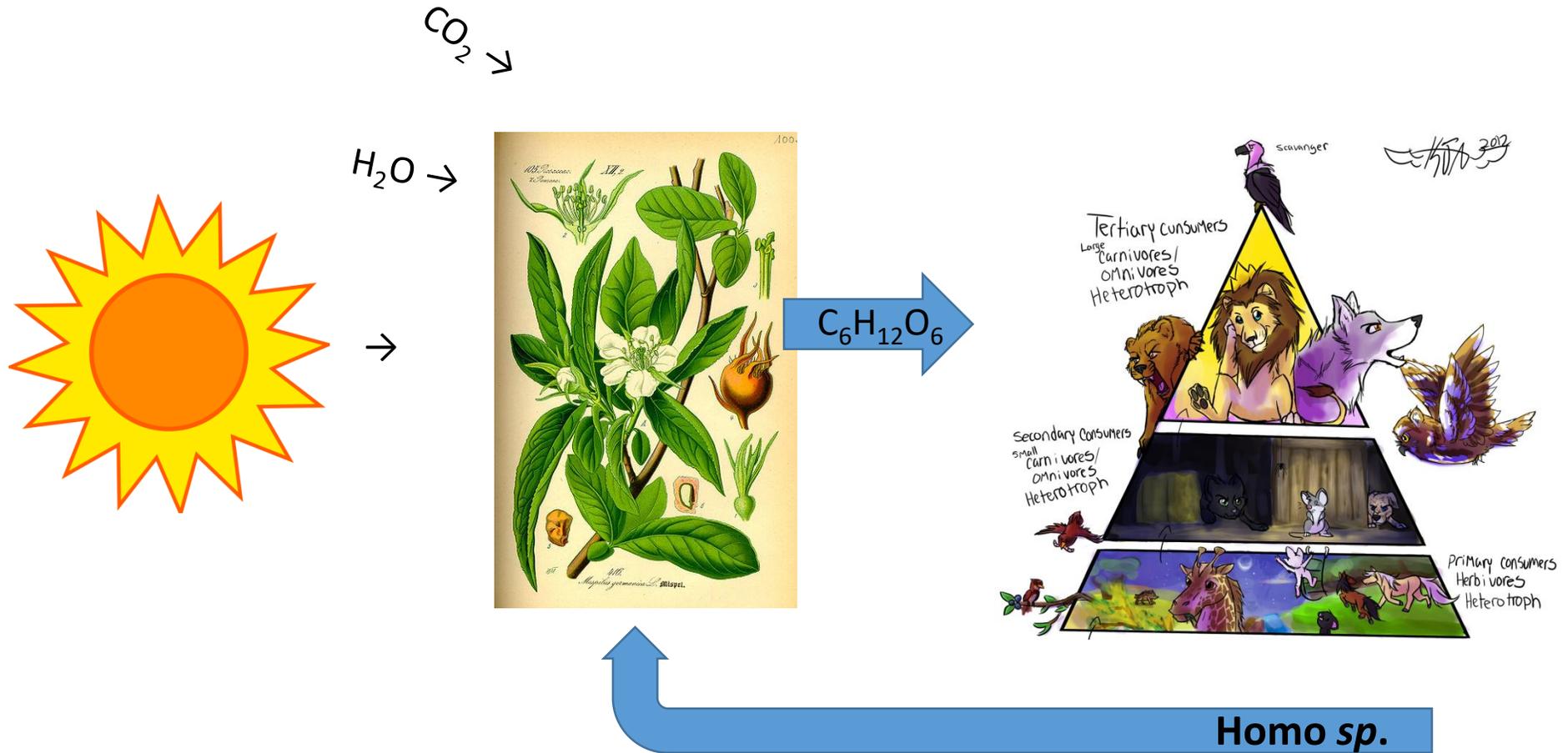
**Energia e a Humanidade**

**Prof. Thiago L. Romanelli**

**[romanelli@usp.br](mailto:romanelli@usp.br)**



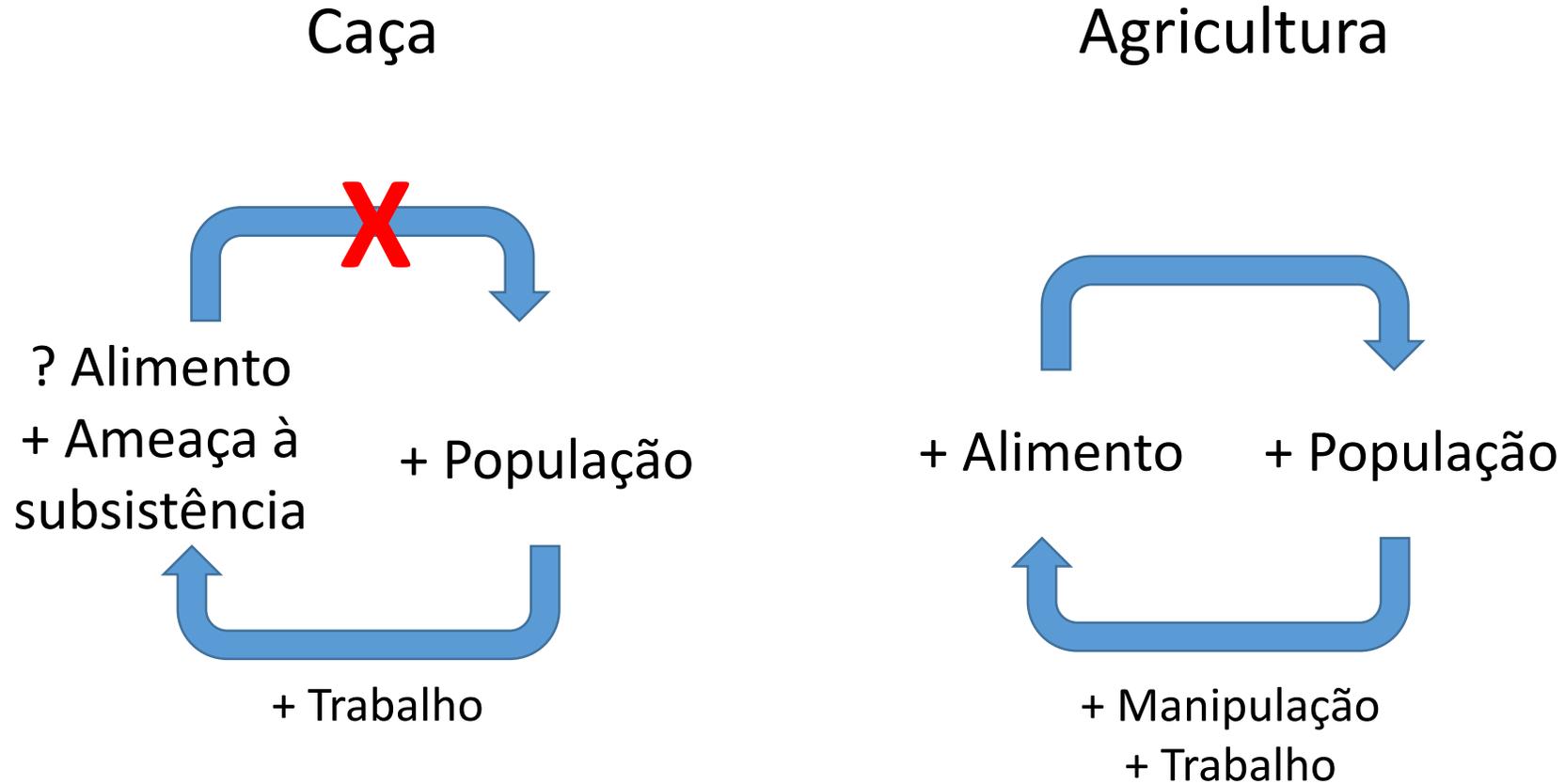
# Energia e a vida



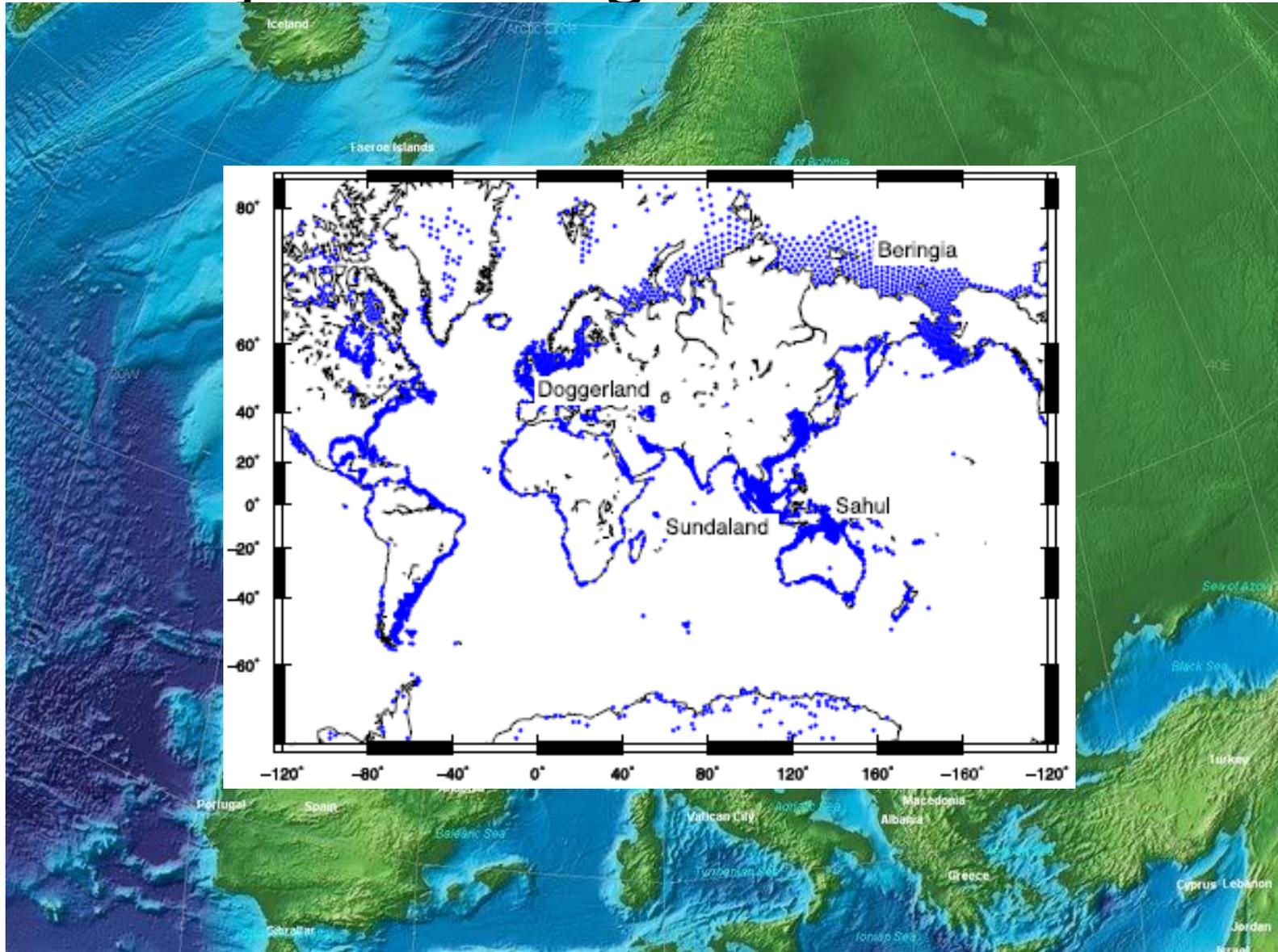
“No esforço em existir, a vantagem deve estar nos organismos cuja estratégia de captura de energia são mais eficientes em usá-la na preservação da espécie.”

Lotka (1910)

# Transição da caça-coleta à agricultura



# Transição da caça-coleta à agricultura



# Transição da caça-coleta à agricultura



The Fall of Man (Michelangelo Buonarroti, 1512)

*“E do suor do teu rosto comerás, ...”* (Genesis 3:19).

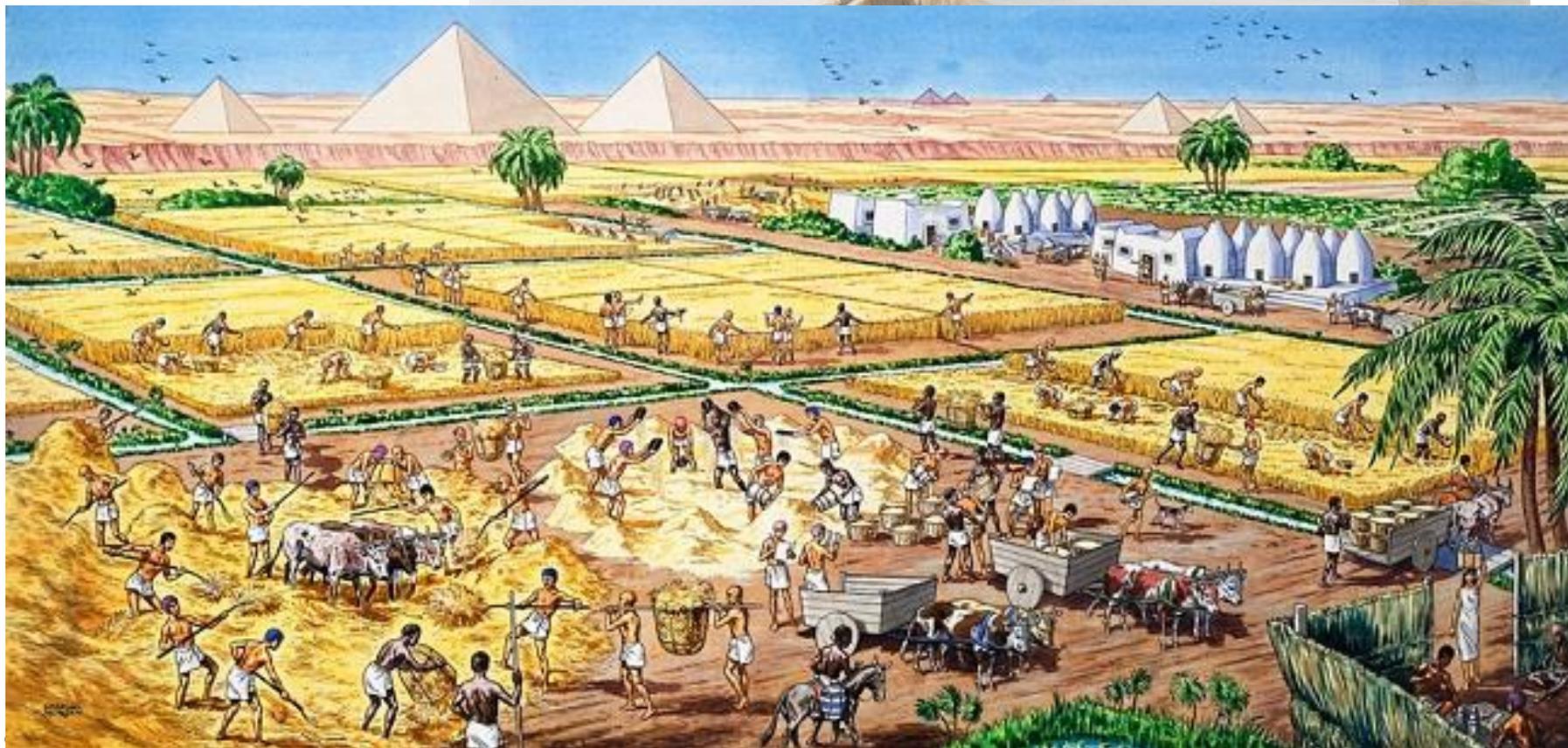
# Revolução Neolítica

- 10 mil anos atrás
- Agricultura em larga escala
- Manipulação da cadeia alimentar como base do sistema energético



Museu Nacional da Dinamarca

# Agricultura promotora da civilização



# Agricultura promotora da civilização



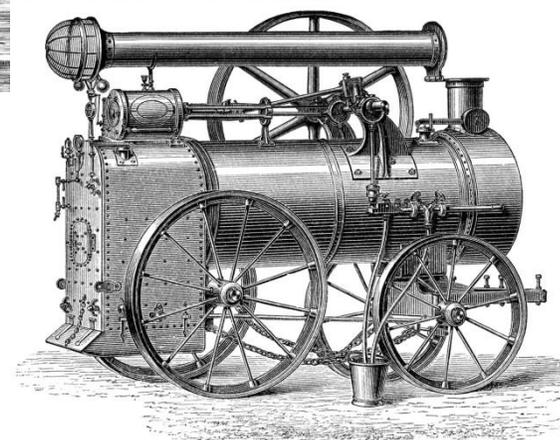
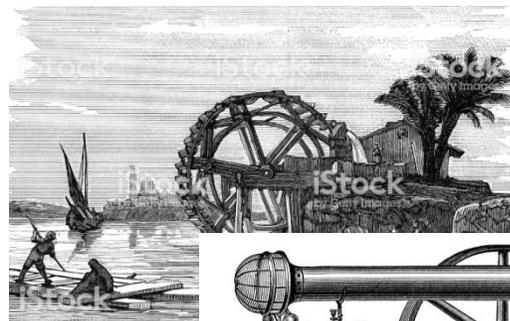
# Agricultura promotora da civilização

- Estratégias para alta densidade populacional:
  1. Intensificação;



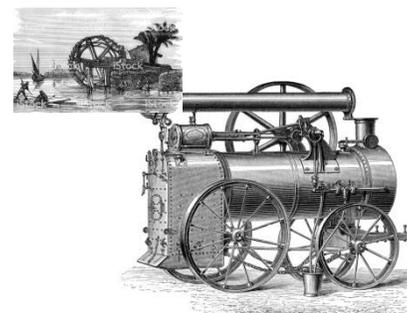
# Agricultura promotora da civilização

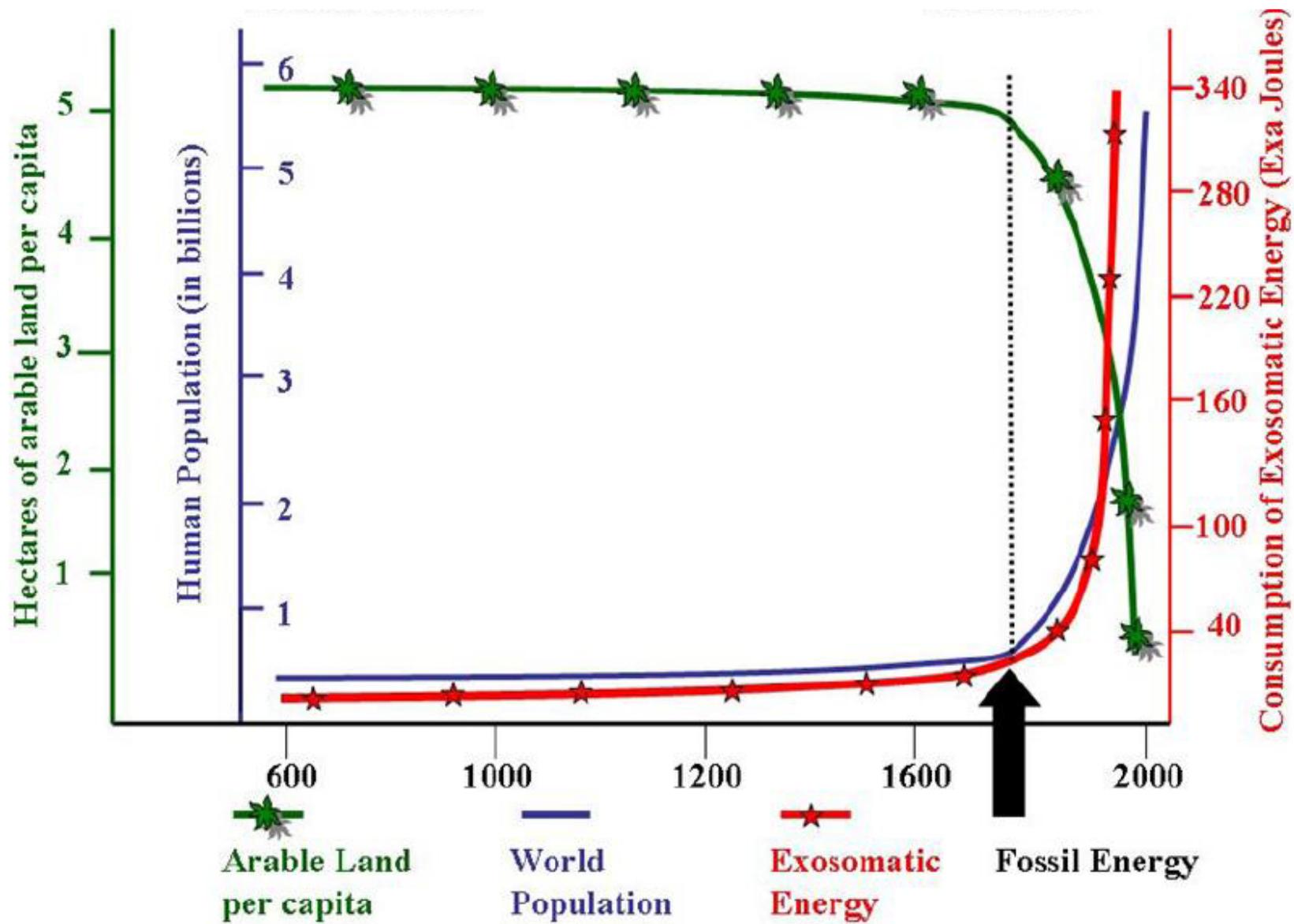
- Estratégias para alta densidade populacional:
  1. Intensificação;
  2. Novos meios;



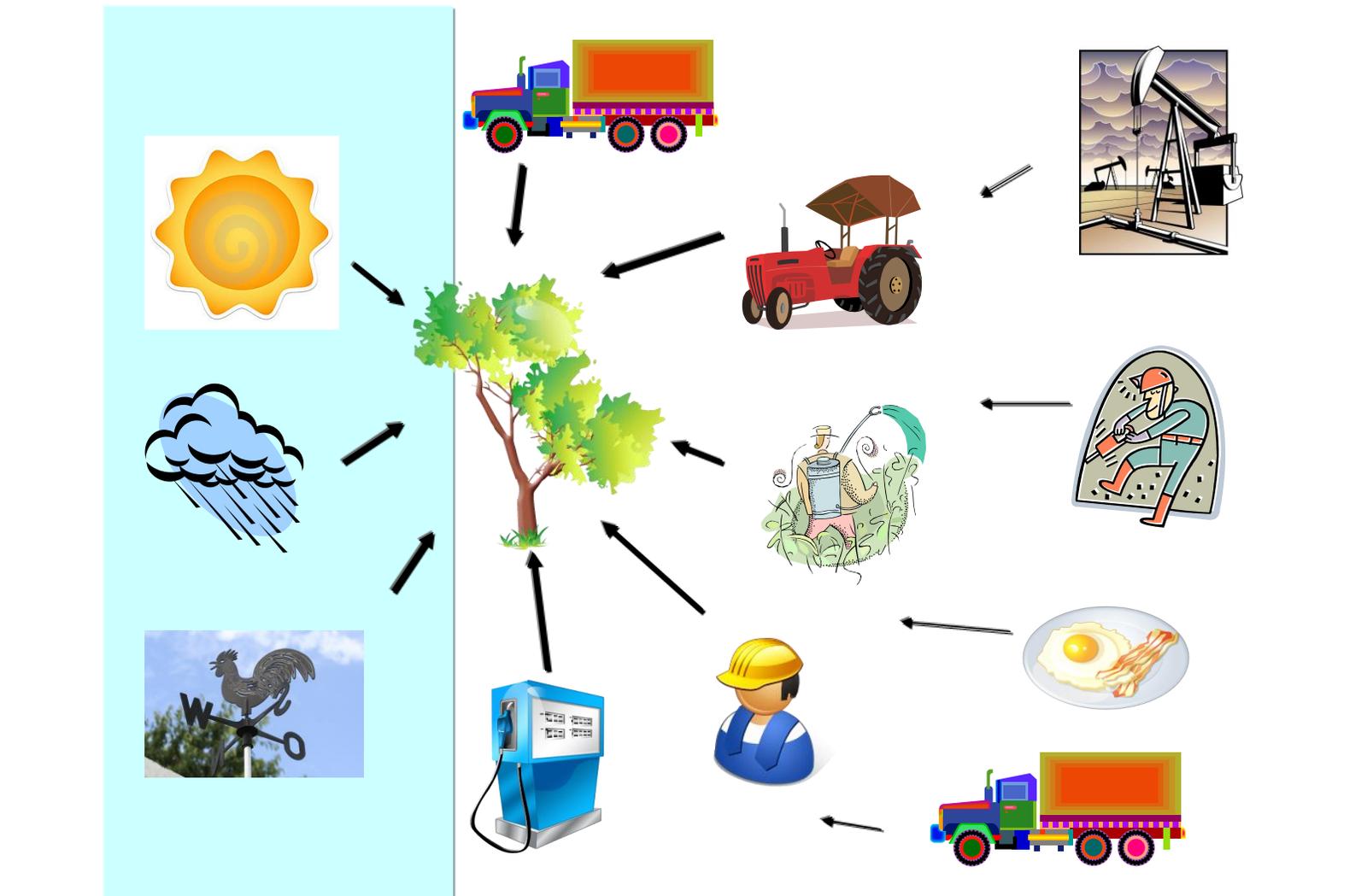
# Agricultura promotora da civilização

- Estratégias para alta densidade populacional:
  1. Intensificação;
  2. Novos meios;
  3. Exploração.



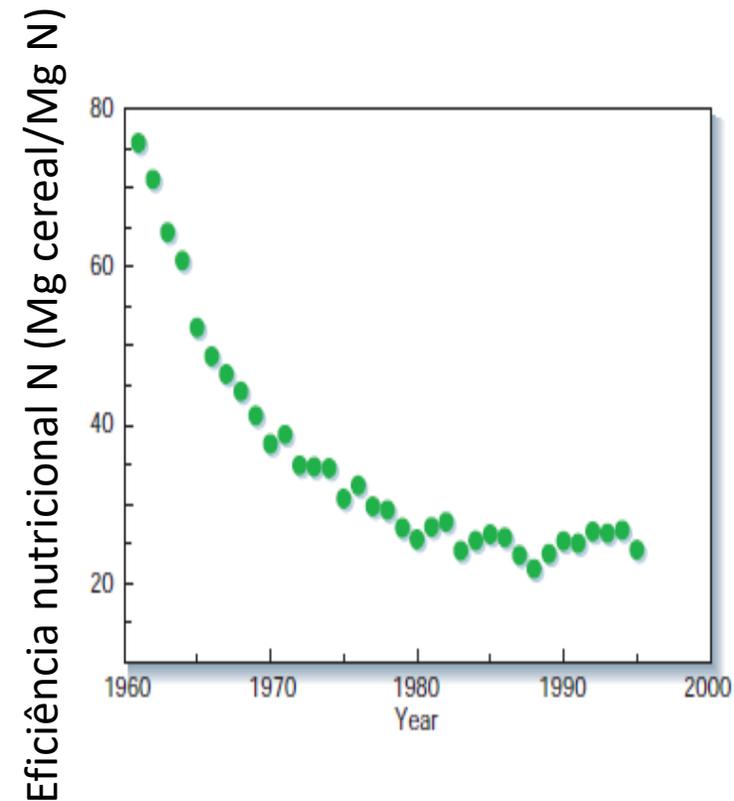


# Convergência de Recursos Naturais



# Intensificação

	Ag. Neolítica	Ag. Moderna
Tempo (h)	1150	17
	MJ/ha	MJ/ha
Mão-de-obra	27	0
Máquinas	4	358
Sementes	9	33
Diesel	0	502
NPK + defensivos	0	717
Irrigação	0	186
Secagem	0	167
Transporte e outros	0	91
Total	40	2054
Produtividade	1603 (2 t/ha)	4437 (5,4 t/ha)
Saída/Entrada	40	2,16



# Revolução Verde

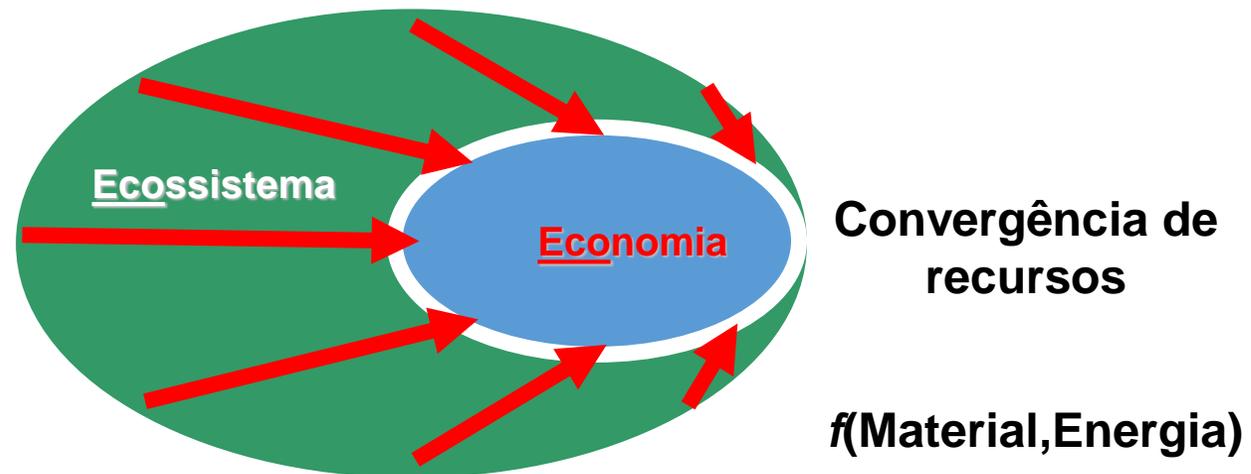
Tabela 1 – Consumo de insumos e aumento de produtividade desde a Revolução Verde no Brasil. FAO (2018).

Insumo	Aumento no consumo (%)	Período
N	7830	1961-2016
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3349	1961-2016
K <sub>2</sub> O	7999	1961-2016
Inseticida	290	1990-2015
Herbicida	861	1990-2015
Fungicida	686	1990-2015
Tratores	994	1961-2006
Área agricultável	88	1961-2015
Cultura	Aumento na Produtividade (%)	Período
Milho	227	1961-2016
Arroz	222	1961-2016
Soja	158	1961-2016
Cana-de-açúcar	73	1961-2016

# Economia e Recursos Naturais

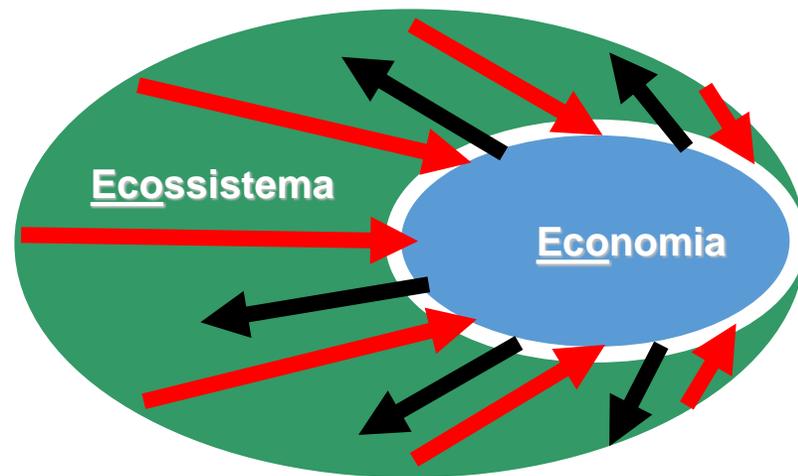
Os sistemas de produção são unidades de transformação

Fluxos de materiais e de energia



# Economia e Recursos Naturais

Fluxos de materiais e de energia



Convergência de recursos com  
baixa entropia

Resíduos  
(alta entropia)