

CICLO DE CONFERÊNCIAS: PRESSÁGIOS DE UM FUTURO INCERTO

**Sobre extinções, grandes mortandades e recuperações que ocorrem na Biosfera.
Implicações filosóficas e políticas**

PROF. DR. ENRIQUE ORTEGA (UNICAMP)

Versão 14

**20 de junho de 2025 as 17h30
Auditório 08**

Coordenação:
Oliver Tolle (DF/FFLCH-USP)

Informações:

<https://www.filosofia.usp.br/eventos/10742>

Endereço: Av. Prof. Luciano Gualberto, 315
Edifício Filosofia e Ciências Sociais (FFLCH) USP
Cidade Universitária, São Paulo – SP

Apoios:



Do ser individual ao ser coletivo

Indivíduo



Auto questionamento
Auto capacitação

Capacitação e
reflexão coletivas

Ser coletivo de
ação contínua

Viver apenas o presente que nos é dado ou mudar... Como?

INFORMAÇÃO SOBRE O PASSADO

(individual, coletivo local, como humanidade)

Conhecer o ecossistema, a Terra, o universo.

Estudar as formas de interpretar os fatos:

1. Mitos, religiões e ciência fragmentada

2. Visão integral do conhecimento da época

3. Ciência dos sistemas complexos

4. Visão integral do conhecimento mais atual

INFORMAÇÃO PARA ENTENDER O MEIO

Conhecer a própria forma de pensar.

Entender a forma de pensar do coletivo.

Identificar as forças externas que atuam no sistema.

Entender as diversas formas de viver ao longo da história.

Entender os problemas prioritários a ser resolvidos.

Aprender a se organizar para resolver os problemas.

Conhecer o passado

Entender o meio
em que vivemos

VISUALIZAR AS OPÇÕES DE FUTURO

.. a partir de uma ciência integradora e
de um humanismo com visão ecológica.

Conceitos básicos da termodinâmica de um sistema físico

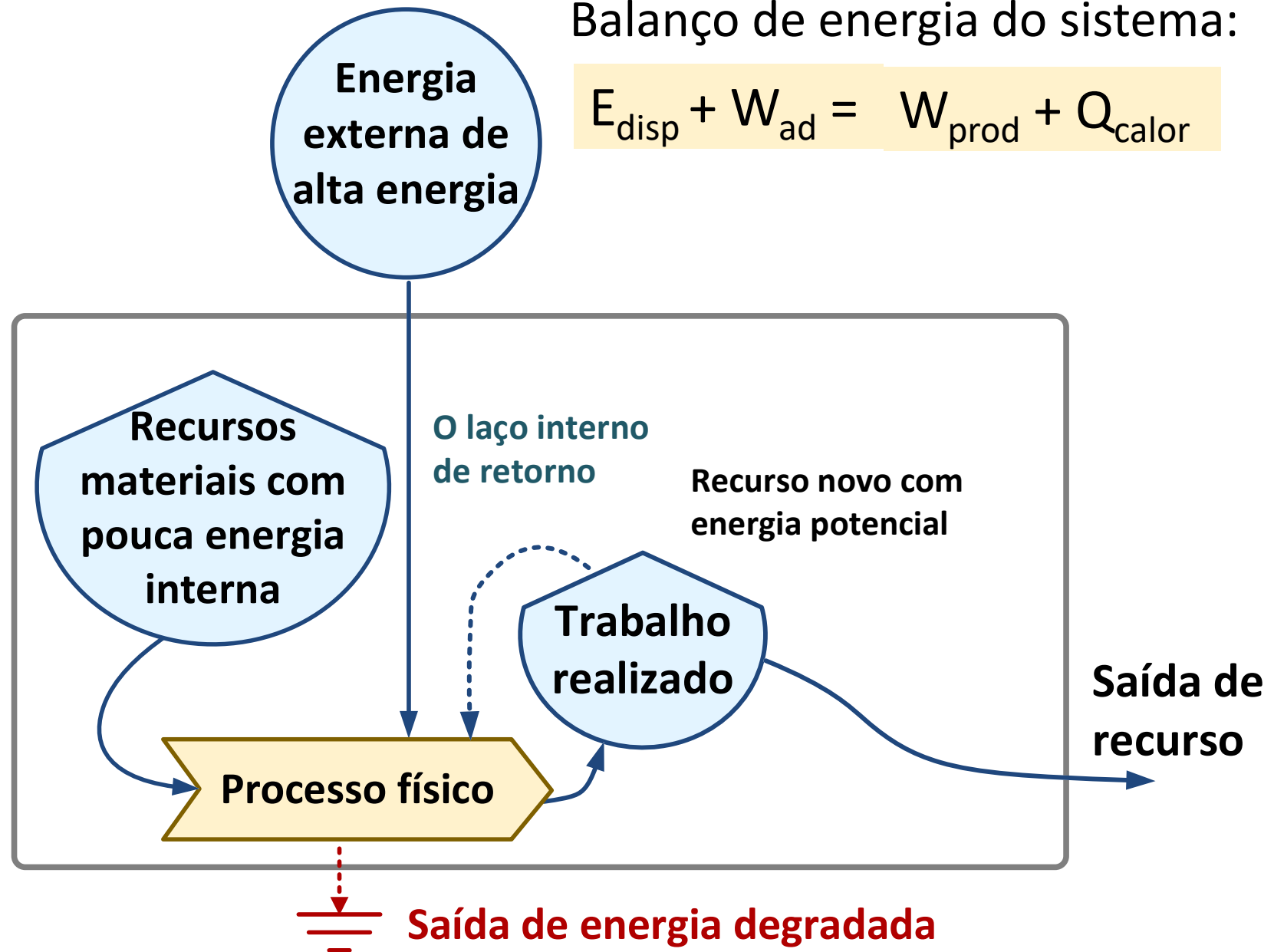
Energia disponível
+
Energia agregada



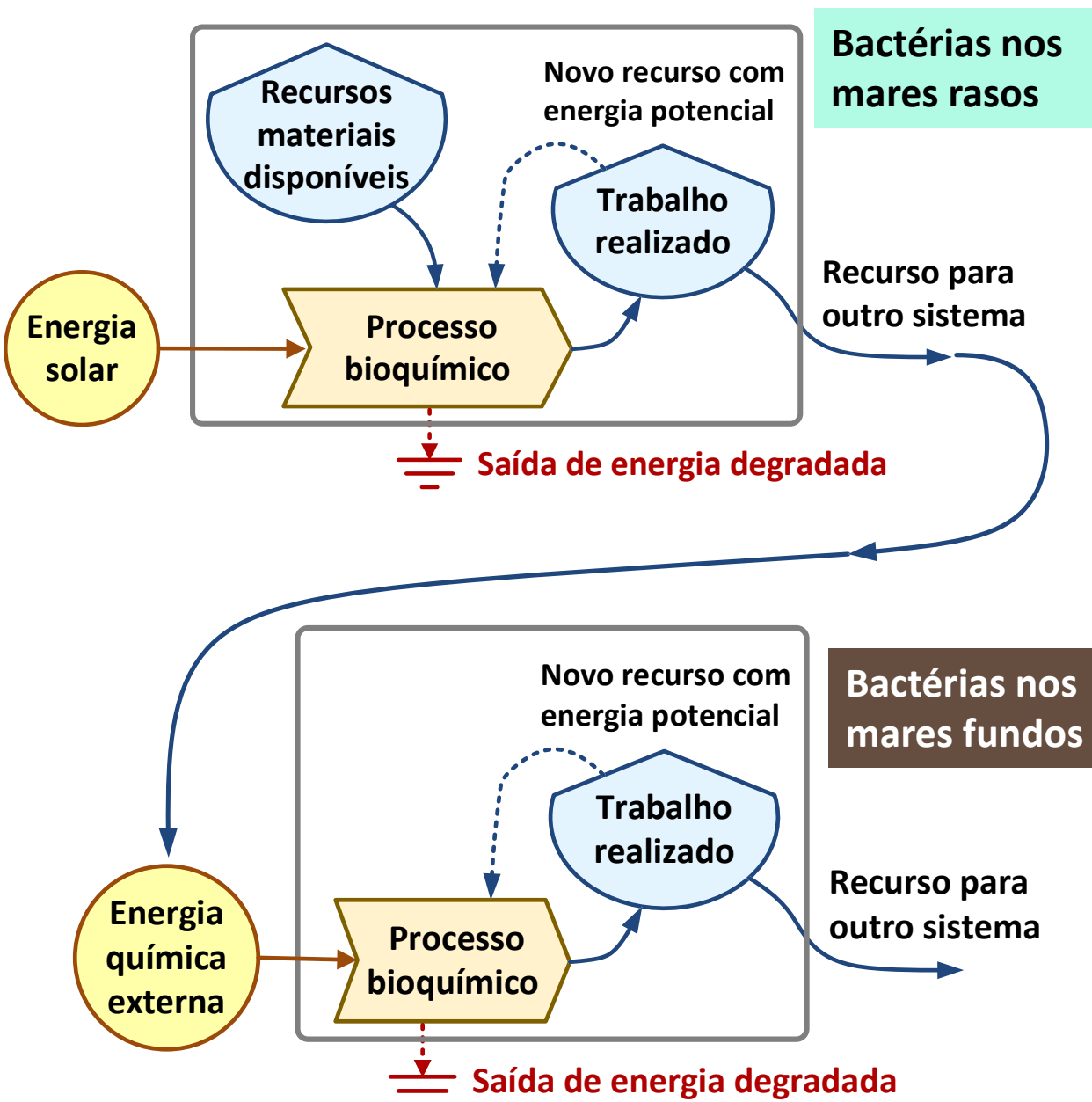
Trabalho realizado

+
Energia degradada

Sistema físico
estudado



Acoplamento de sistemas bioquímicos, químicos e físicos



Fotossíntese de açúcar
 $6 \text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{Luz solar} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Uso do açúcar no metabolismo celular
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{Energia}$

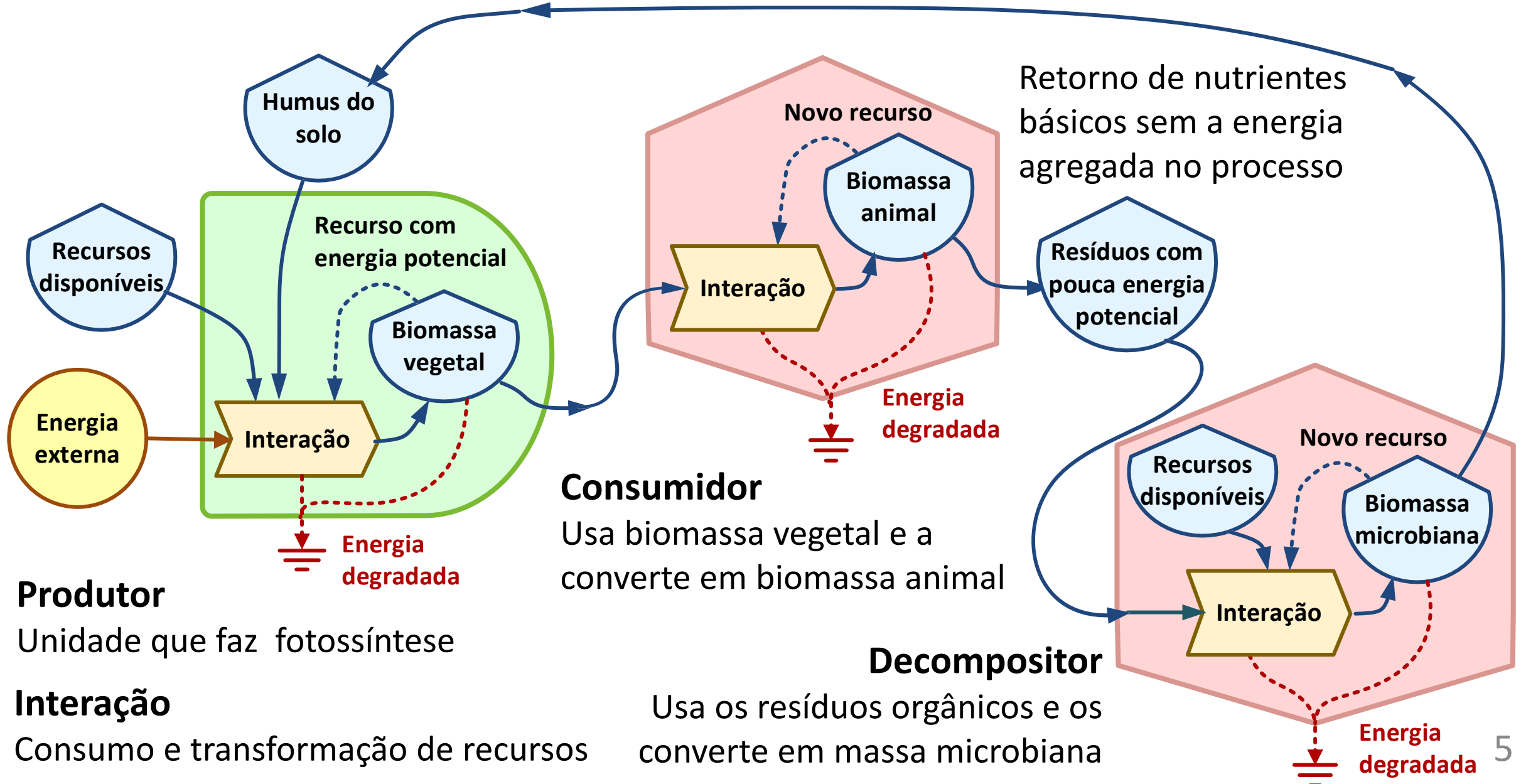
Uso do açúcar residual na metanogênese
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{CH}_4 + \text{Energia}$

Ação dos gases produzidos nos oceanos na atmosfera

Participação do metano na atmosfera
 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Balanco de gases na atmosfera
 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{Efeito no Albedo} \\ \text{Efeito Estufa} \end{array} \right.$

Conceitos básicos da termodinâmica dos sistemas ecológicos



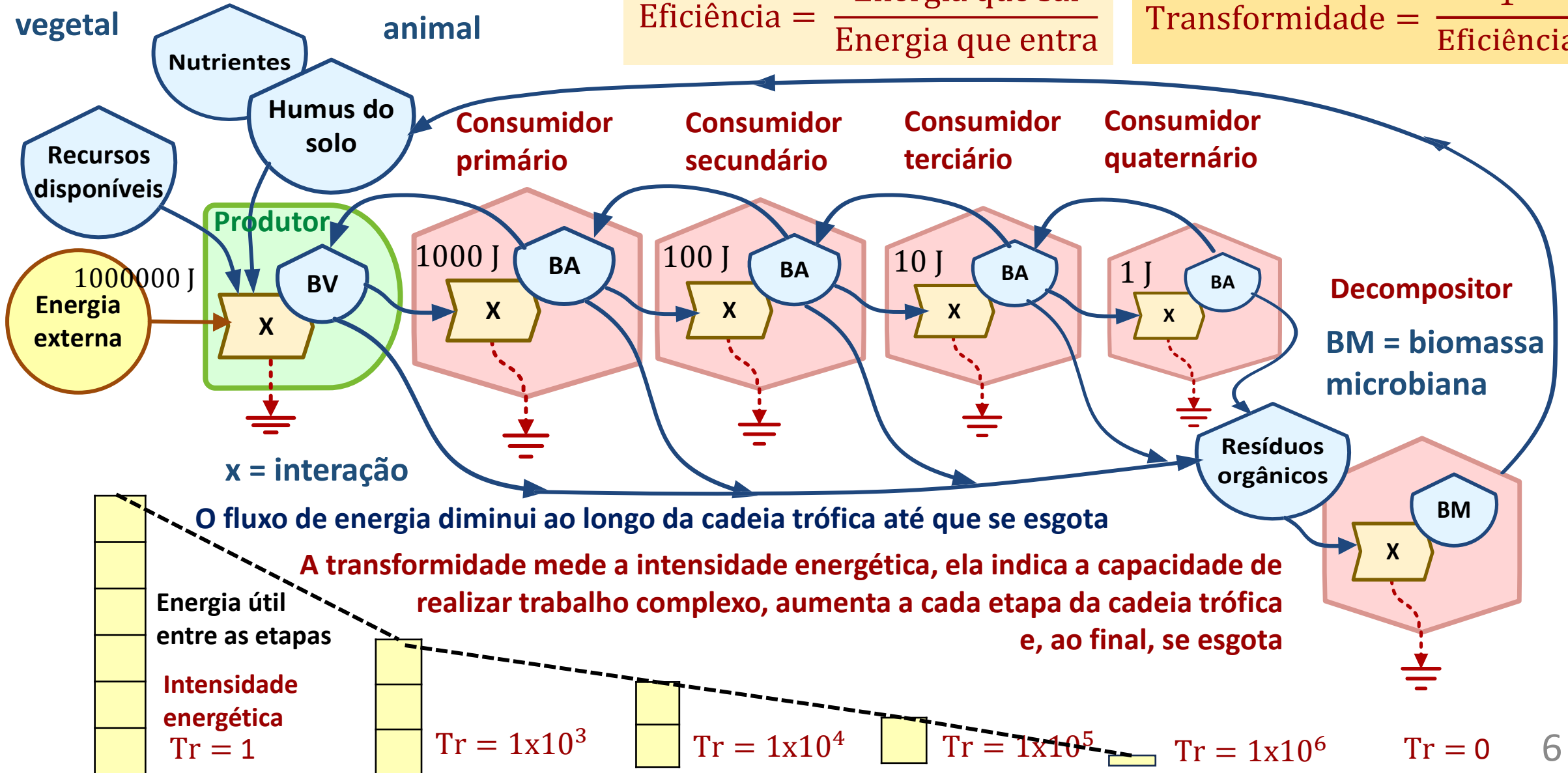
Conceitos básicos da termodinâmica das cadeias tróficas

BV = biomassa vegetal

BA = biomassa animal

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Energia que sai}}{\text{Energia que entra}}$$

$$\text{Transformidade} = \frac{1}{\text{Eficiência}}$$



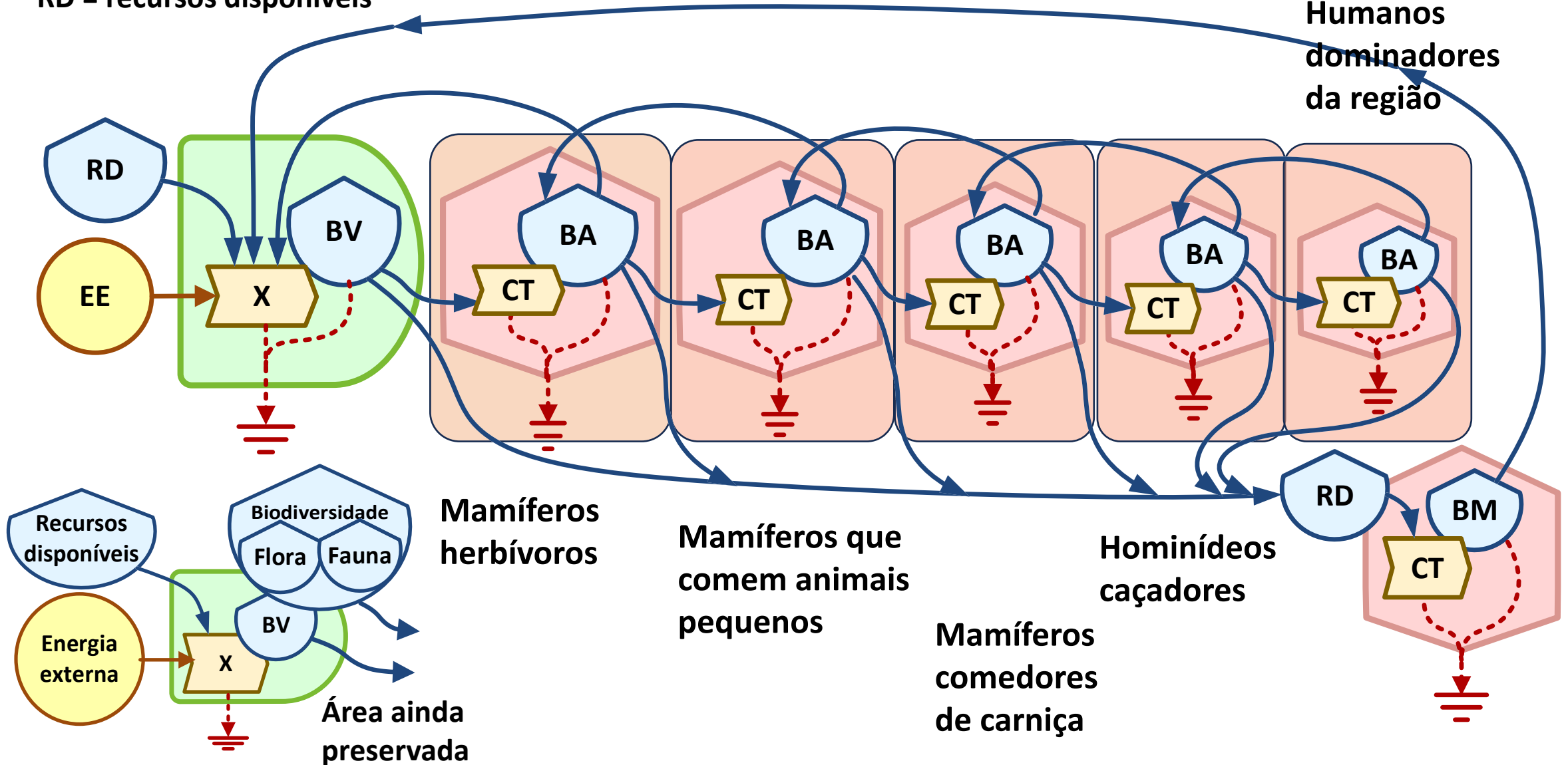
A cadeia trófica e a posição dos humanos nos ecossistemas naturais

EE = energia externa

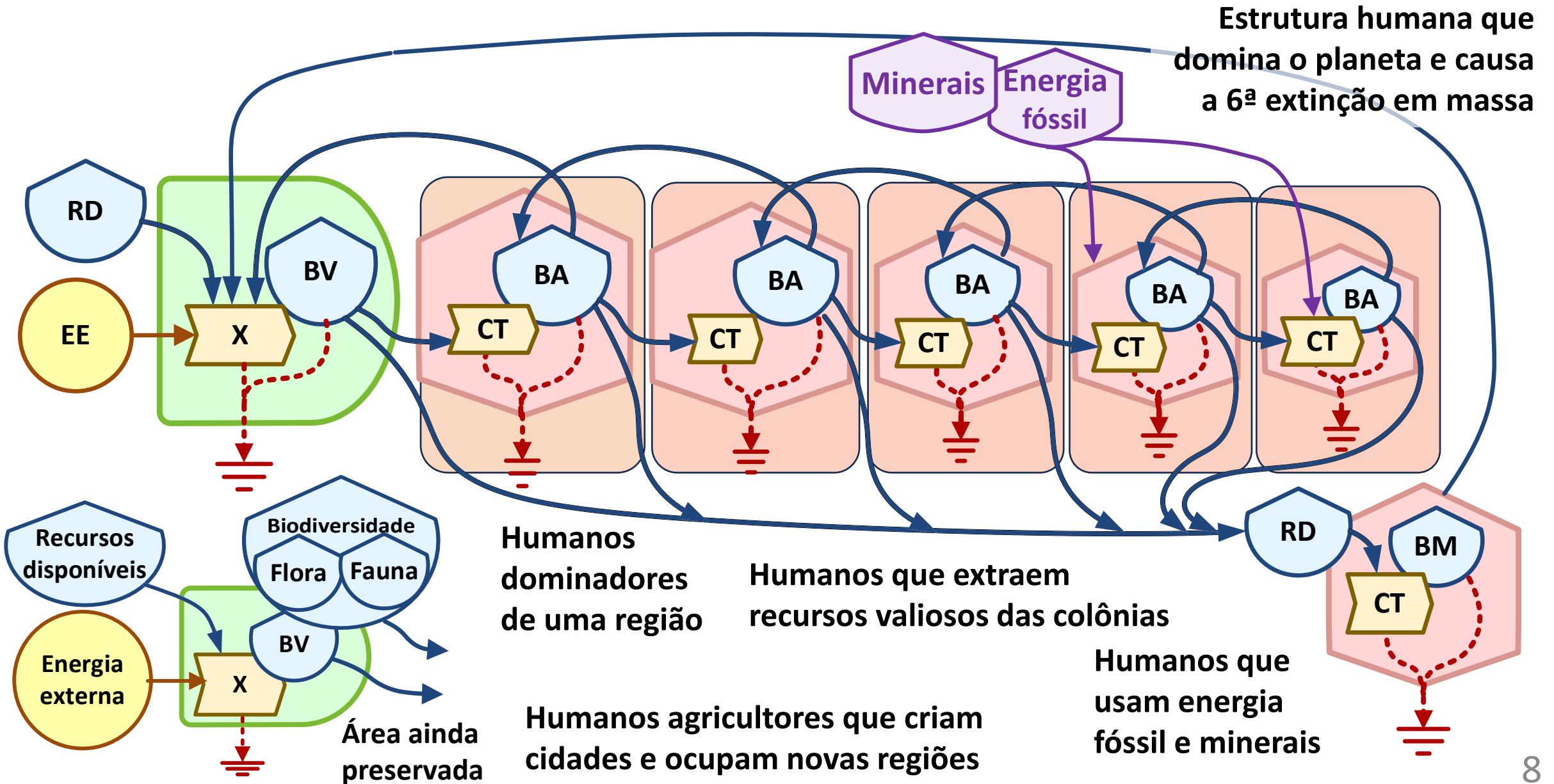
CT = consumidor e transformador

RD = recursos disponíveis

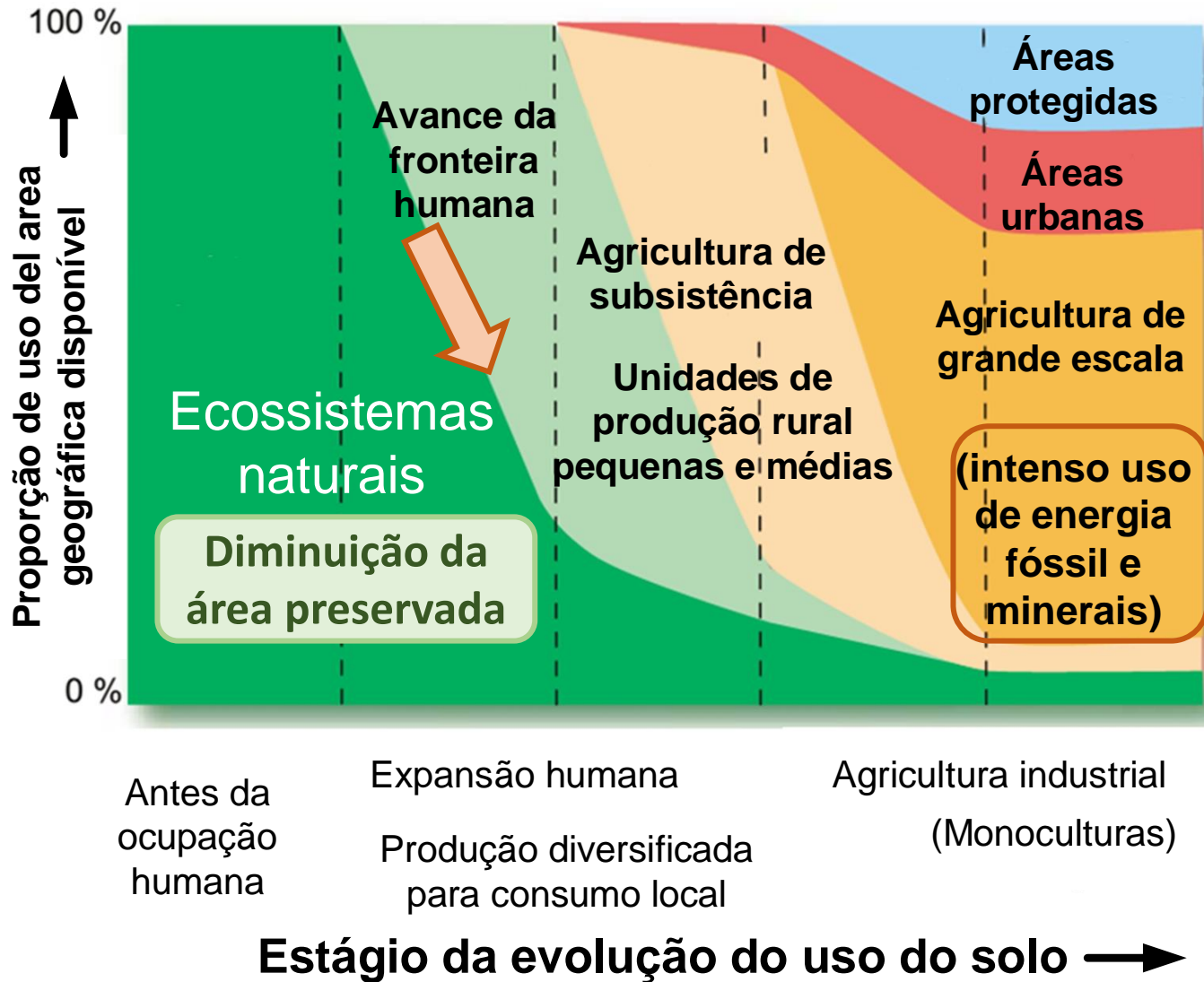
Humanos dominadores da região



A cadeia trófica e a posição dos humanos na expansão geográfica



Modificação da paisagem geográfica e geração de gases de efeito estufa

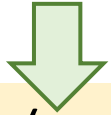


O gráfico ilustra a substituição das áreas dos ecossistemas nativos por áreas de uso antrópico. Essa mudança de uso da terra inclui desmatamento, pecuária extensiva e monoculturas agrícolas que usam, em forma intensiva, fertilizantes químicos, agrotóxicos e sementes modificadas. A mecanização do trabalho humano gera êxodo rural para cidades próximas e para outros países. Esta forma de uso da paisagem rural gera mudanças climáticas.

Adapted from *Global consequences of land use*.
Jonathan A. Foley et al. *Science* 309, 570-574, 2005

Conceitos básicos da termodinâmica da biosfera

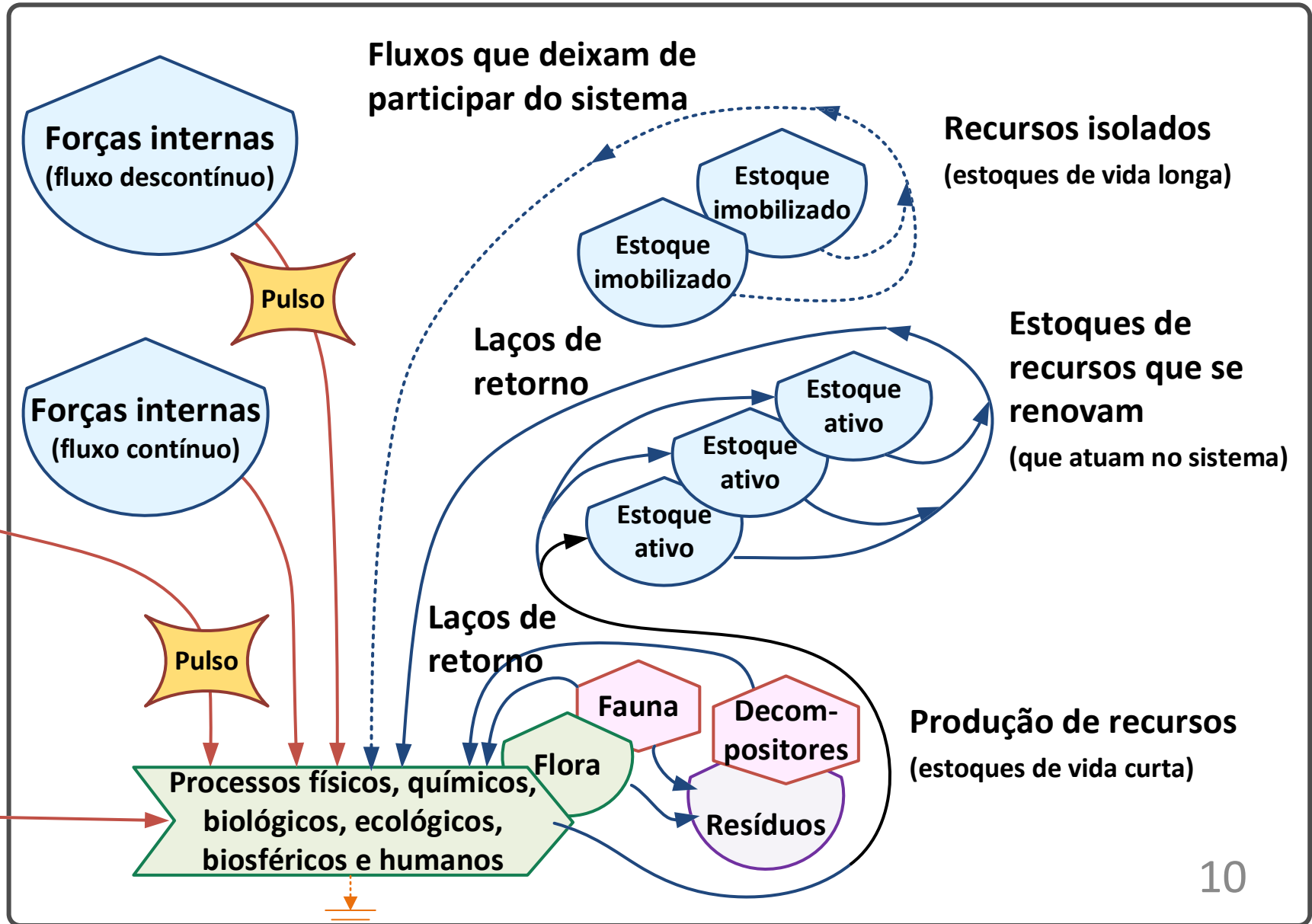
Energia potencial
+ Materiais disponíveis



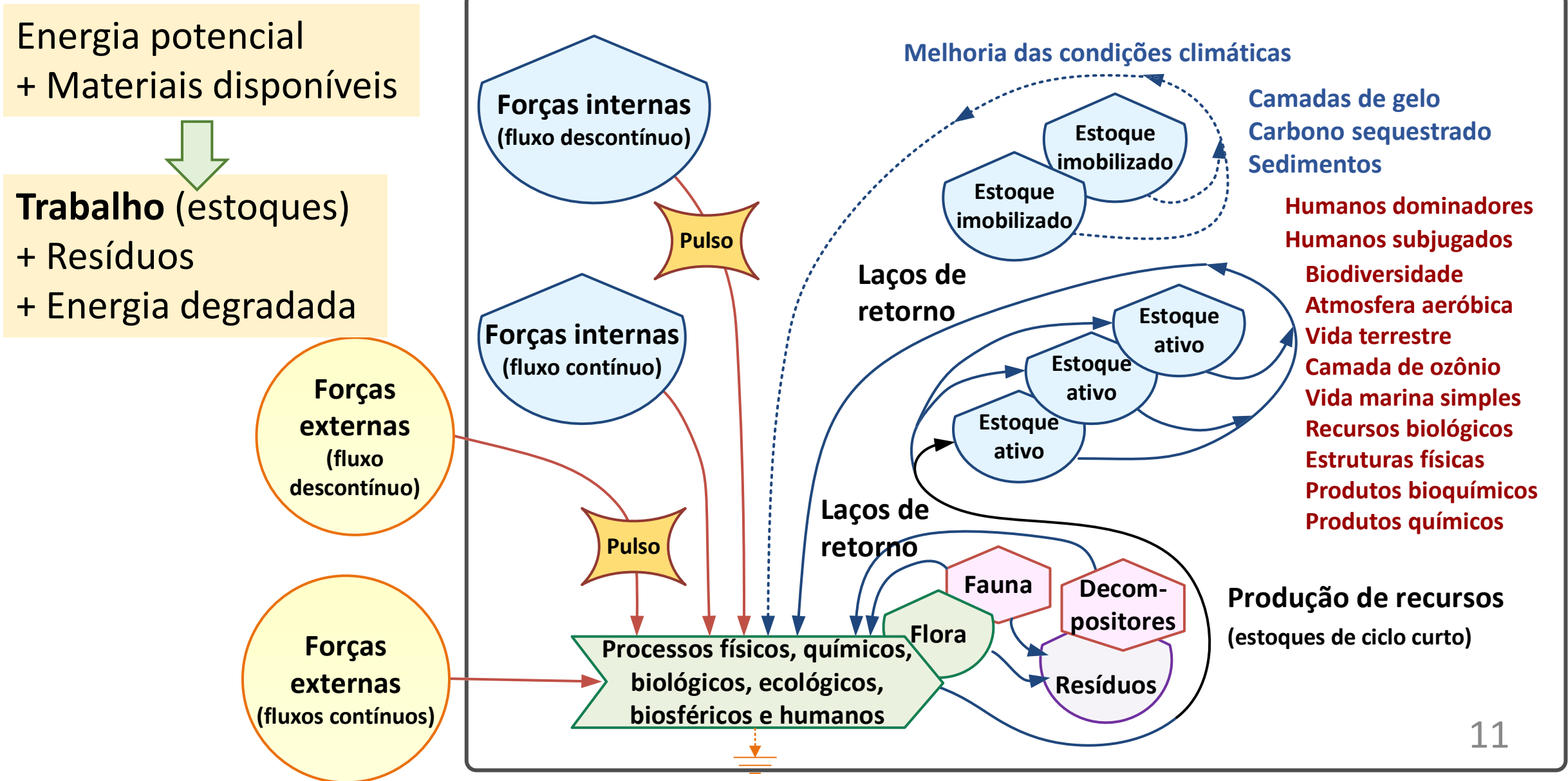
Trabalho (estoques)
+ Resíduos
+ Energia degradada

Forças
externas
(fluxo
descontínuo)

Forças
externas
(fluxos contínuos)



Conceitos básicos da termodinâmica da biosfera

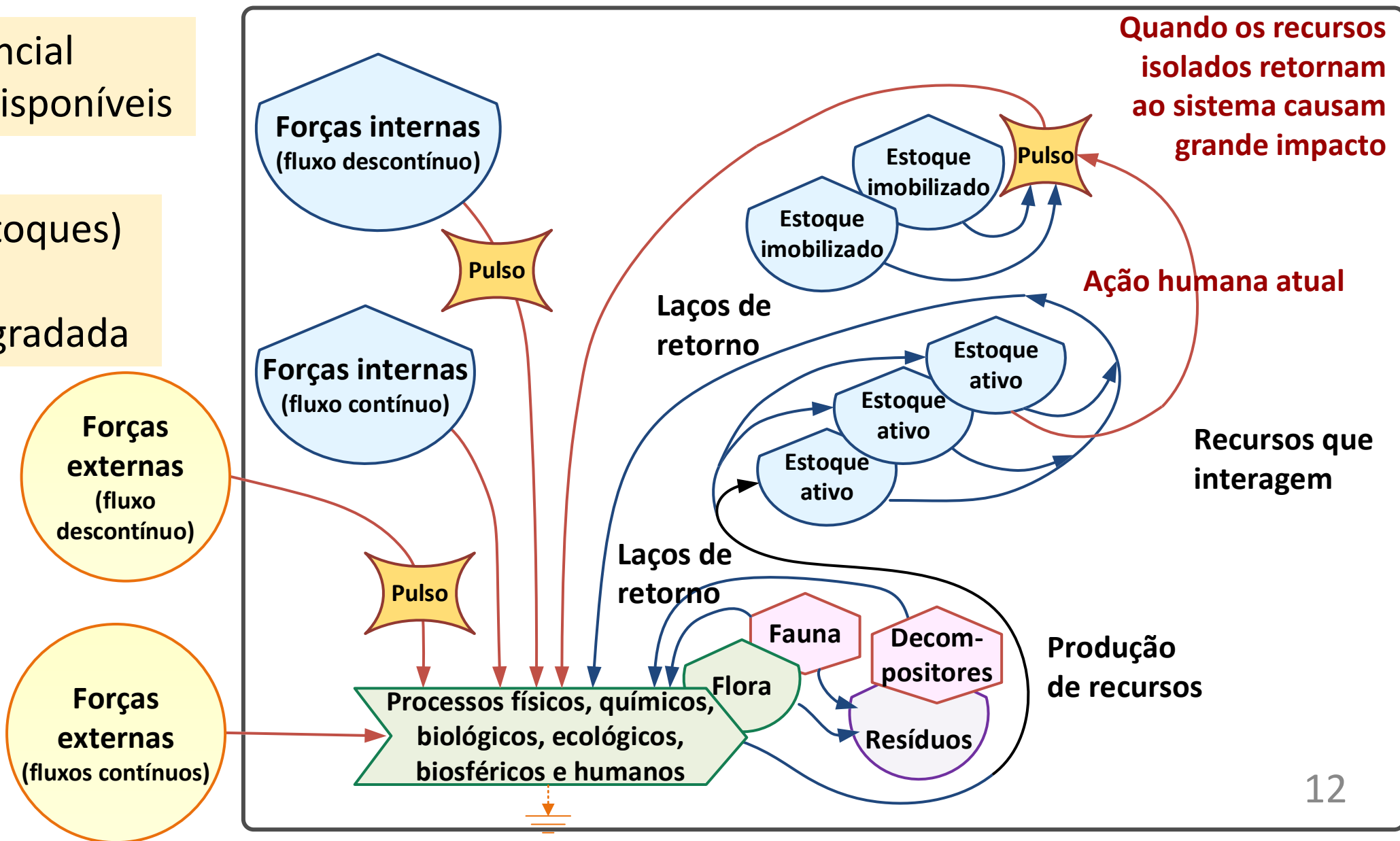


Conceitos básicos da termodinâmica da biosfera

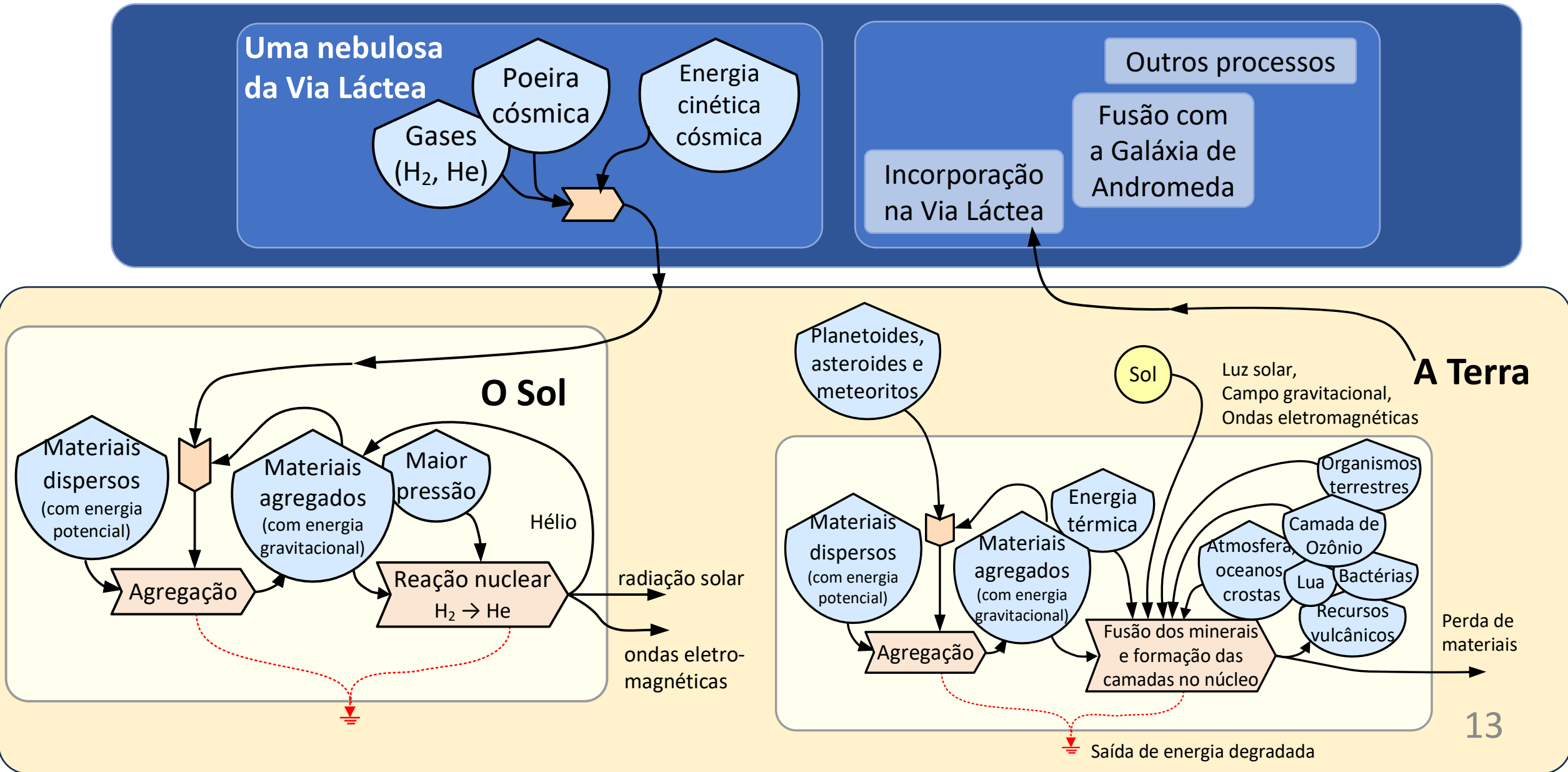
Energia potencial
+ Materiais disponíveis



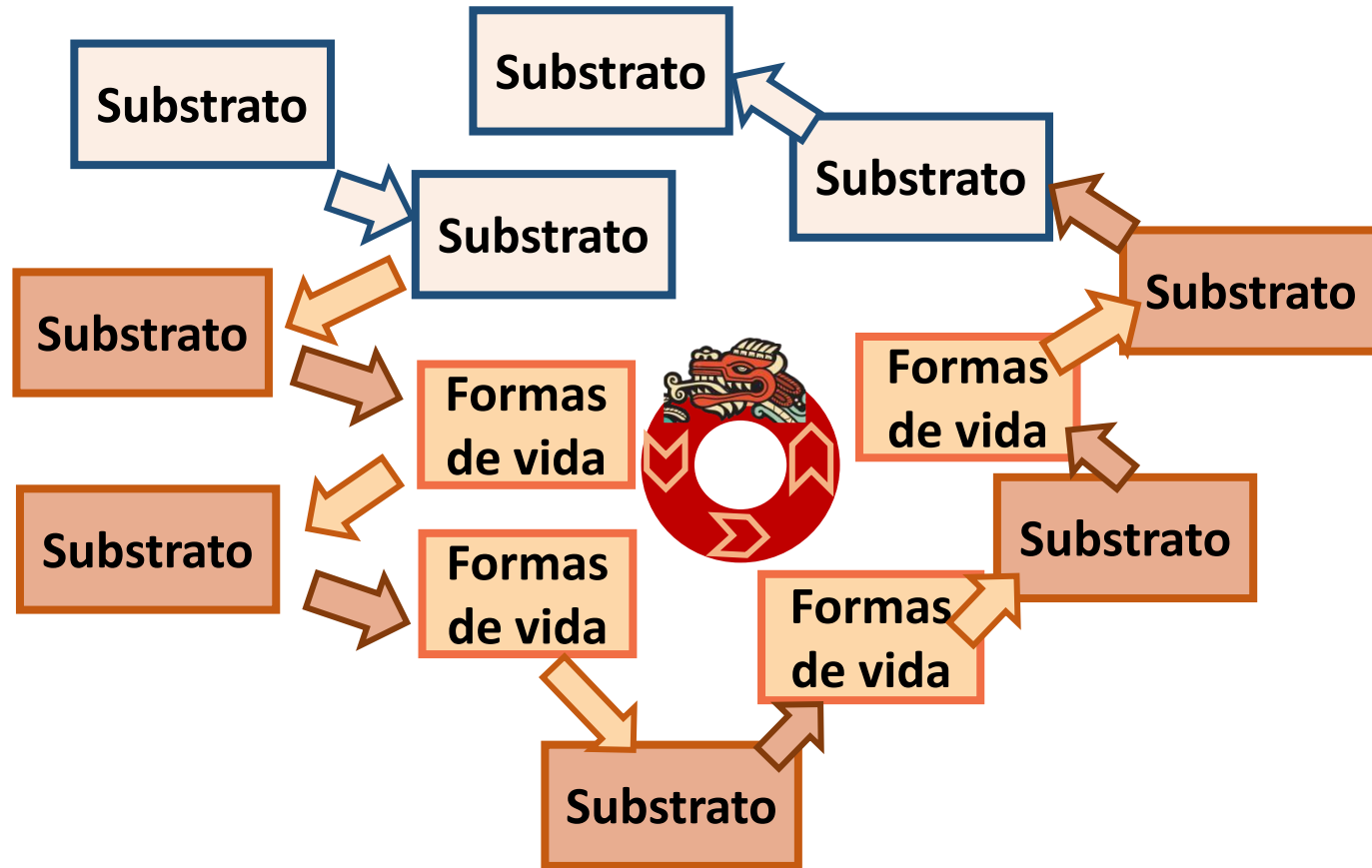
Trabalho (estoques)
+ Resíduos
+ Energia degradada



Nosso lugar no universo



Sobre Extinções, Mortandades e Recuperações na Biosfera. Implicações filosóficas e políticas.



Metáfora para a evolução da biosfera terrestre



Imagem mítica antiga da Mesoamérica

A Terra muda!

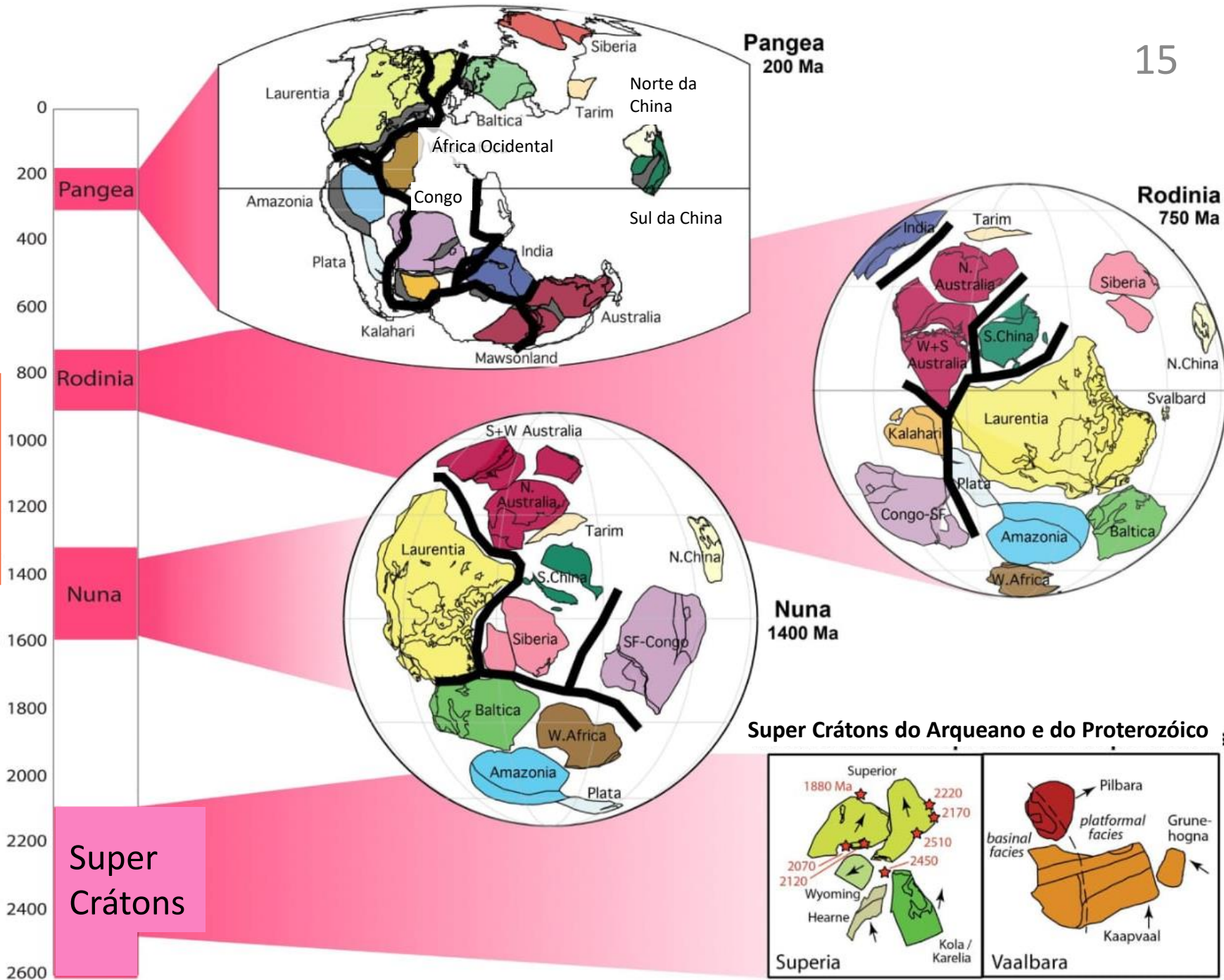
Idade da Terra
(milhões de anos atrás)

A terra muda fisicamente e essa mudança permite que a vida floresça

As funções das formas de vida modificam a estrutura da Terra

Super crátons e super continentes.
Adaptado de Evans, Li e Murphy,
Geological Society, London, Special
Publications, 424, 1-14, march 2nd, 2016

<https://scitechdaily.com/first-solid-clues-uncovered-to-start-of-earths-supercontinent-cycle/>



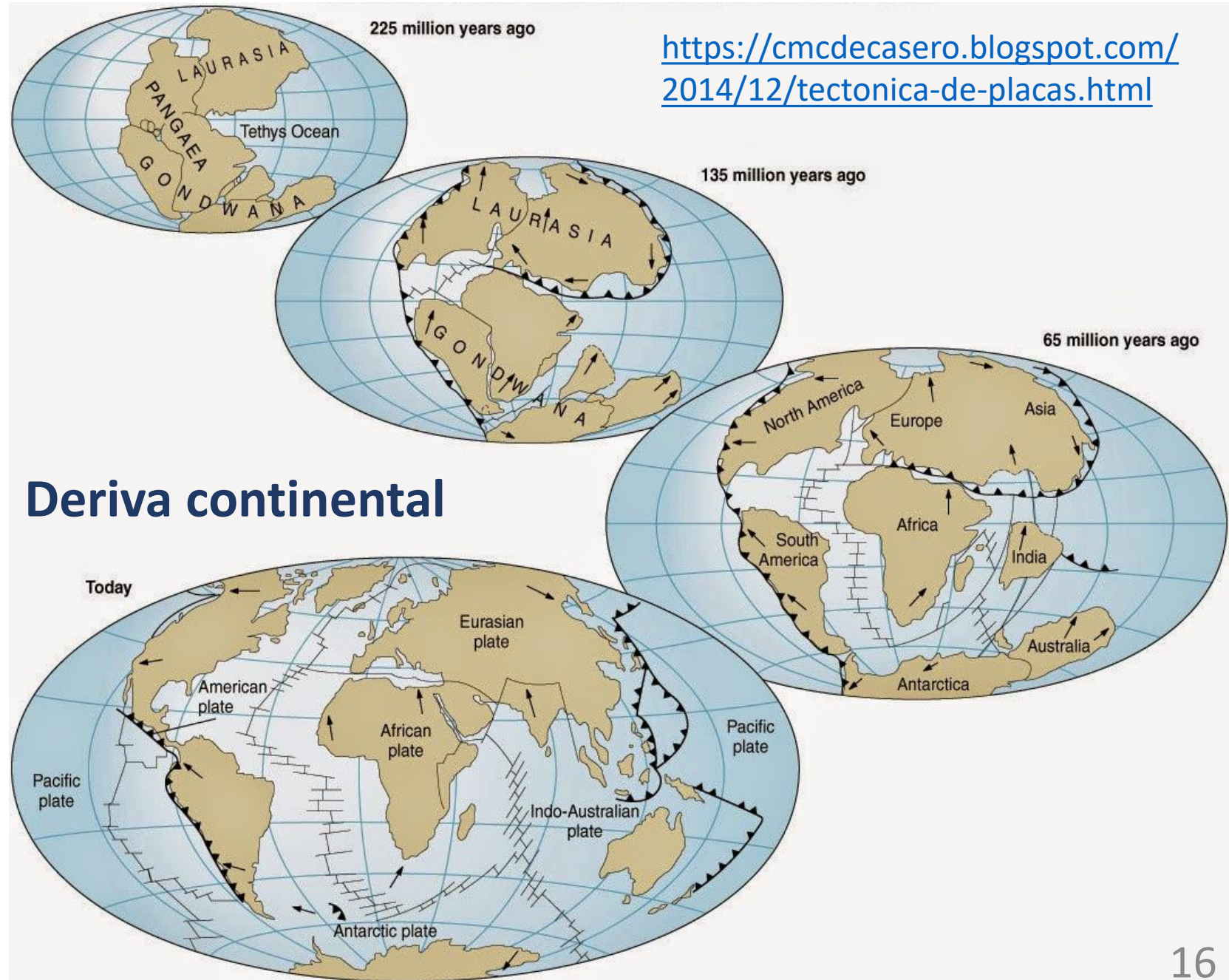
A terra muda!

E a vida muda junto!

Futuro próximo: degelo e aumento do nível do mar



Depois: glaciação e diminuição do nível do mar



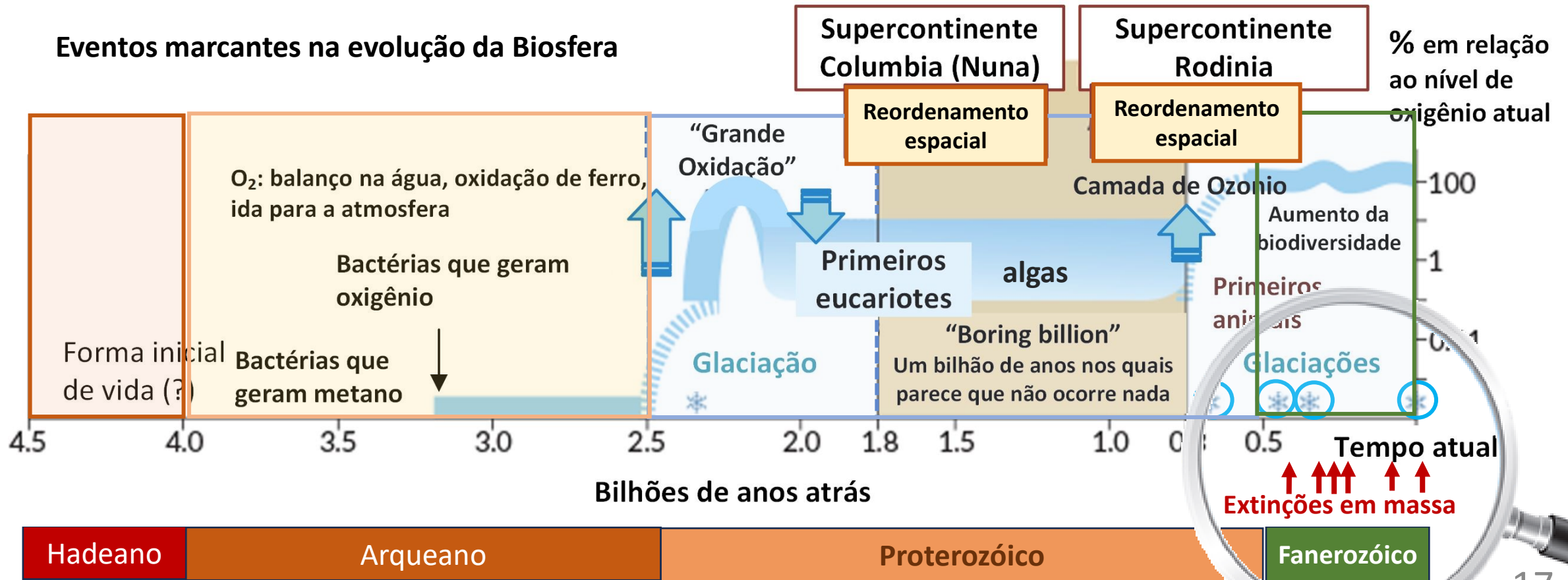
<https://cmcdecasero.blogspot.com/2014/12/tectonica-de-placas.html>

Deriva continental

Longo Histórico da Biosfera: várias extinções em massa no Fanerozóico



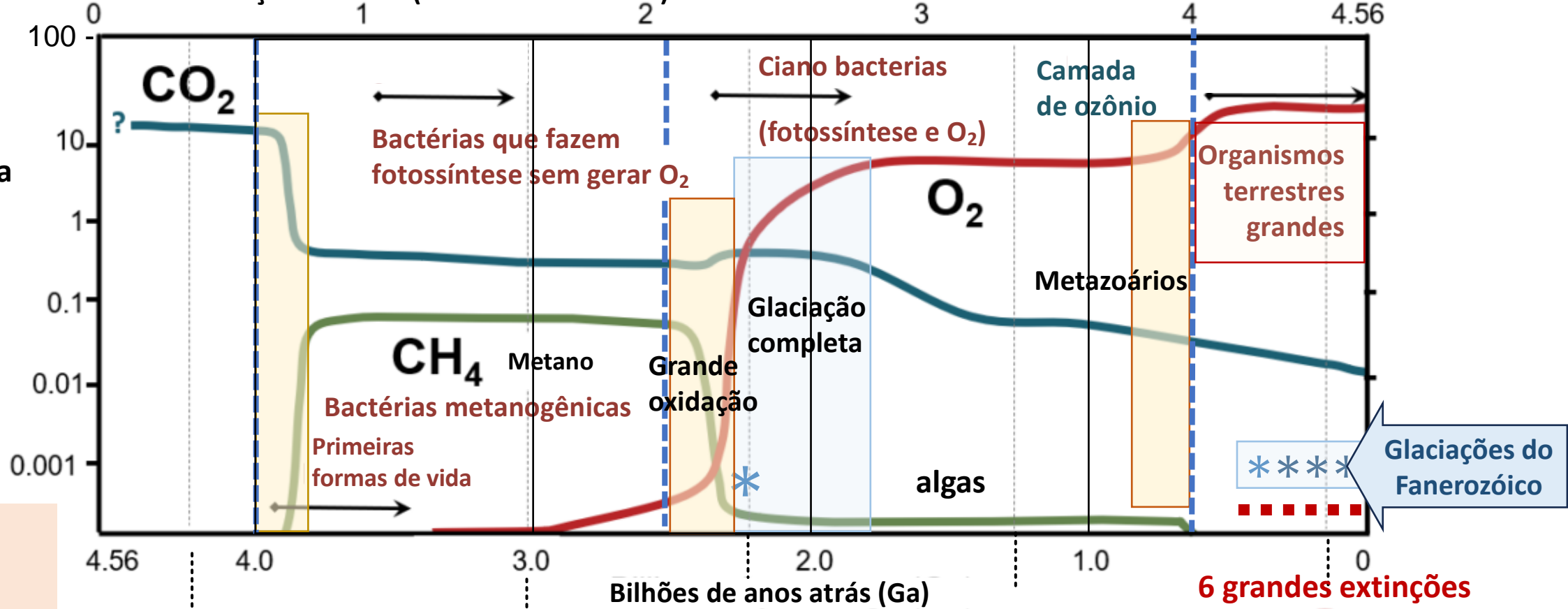
Eventos marcantes na evolução da Biosfera



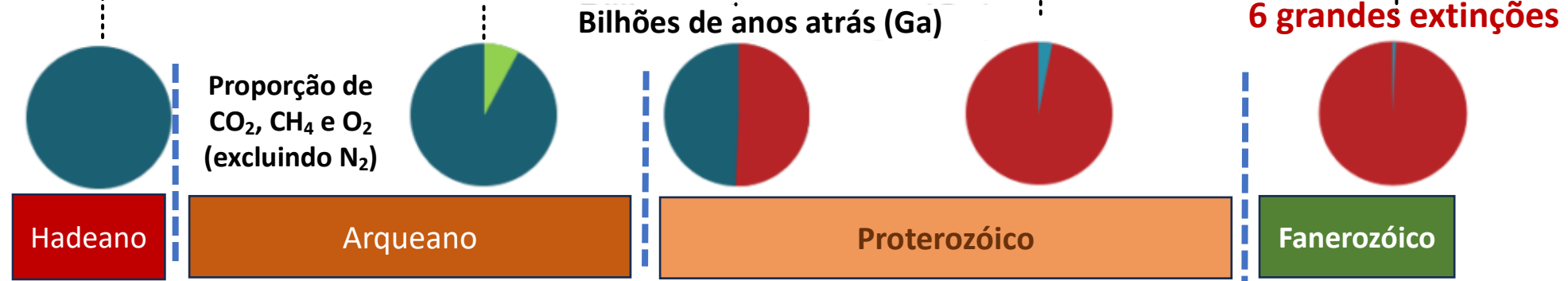
A Terra está sempre mudando!

Tempos de evolução biológica
Tempos de mudança de composição

Tempo transcorrido desde a formação da Terra (em bilhões de anos)



- Hadeano:**
4,5 - 4,0 baa
- Arqueano:**
4,0 - 2,5 baa
- Proterozóico:**
2,5 baa - 541 maa
- Fanerozóico:**
541 - 0 maa



A atmosfera e a crosta da Terra foram modificadas por muitas formas de vida

A atmosfera primitiva era rica em nitrogênio (N_2) e dióxido de carbono (CO_2). **Sem O_2 !**

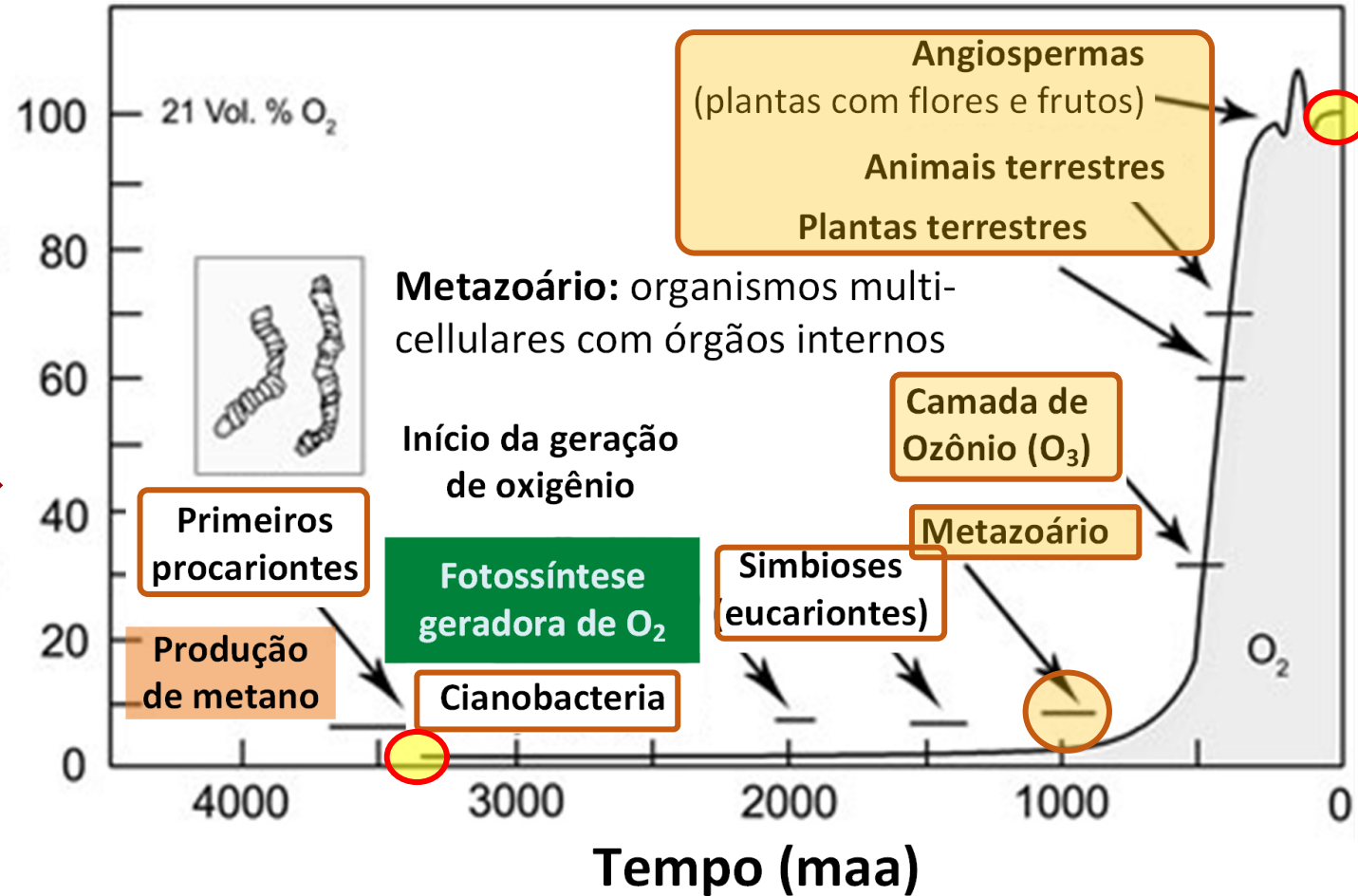
Hoje, o ar tem 78% de N_2 , **21% de O_2** , 0,04% de CO_2 e traços de CH_4 . Dados: volume/volume total

Eventos importantes no Paleozoico:

No Ordoviciano (430 maa), o oxigênio livre (O_2) gerou a **camada de ozônio (O_3)** a qual reduziu os efeitos prejudiciais da radiação ultravioleta, isso possibilitou aos metazoários sair dos mares e ocupar a superfície terrestre.

No Devoniano (380 maa), a abundância de O_2 levou **as plantas** a mudar seu metabolismo para proliferar (Kutschera e Elliott 2013); sua biomassa permitiu a explosão de vida dos **animais terrestres**. As interações levaram à criação do **solo e de sua biota**.

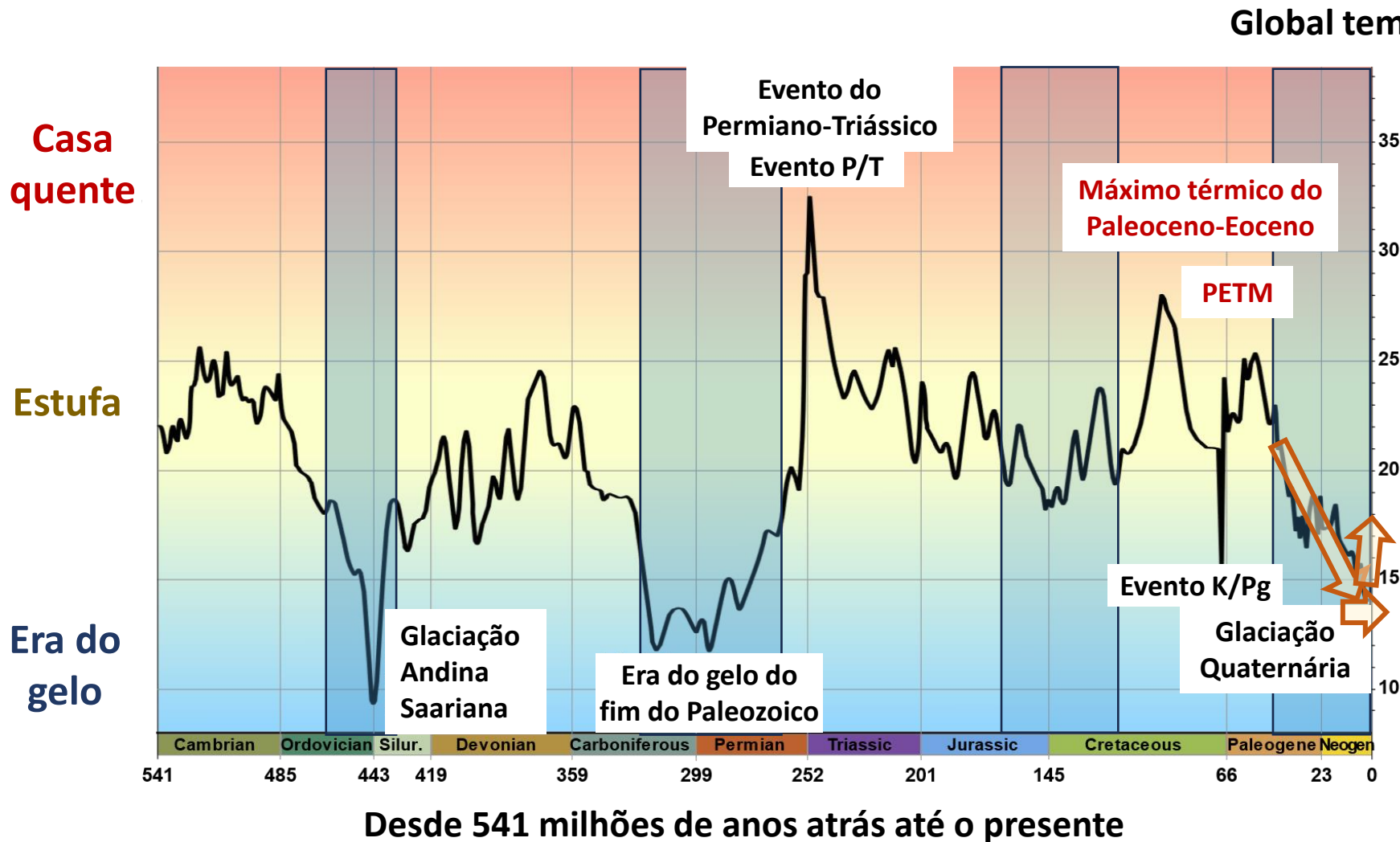
Oxigênio atmosférico (% em relação ao valor atual)



maa = milhões de anos atrás

Aerobic metabolism underlies complexity and capacity
[Lauren G. Koch](#), [Steven L. Britton](#) J Physiol 586:83–95, 2008

Temperatura média da superfície terrestre no Fanerozóico (541 milhões de anos)



Quatro períodos glaciais!

... Estamos no final da quarta glaciação!

Houve queda da temperatura, um período de estabilidade e vemos hoje o início de um grande aquecimento que pode dar fim a 4ª glaciação!

Extinções em massa no Fanerozóico

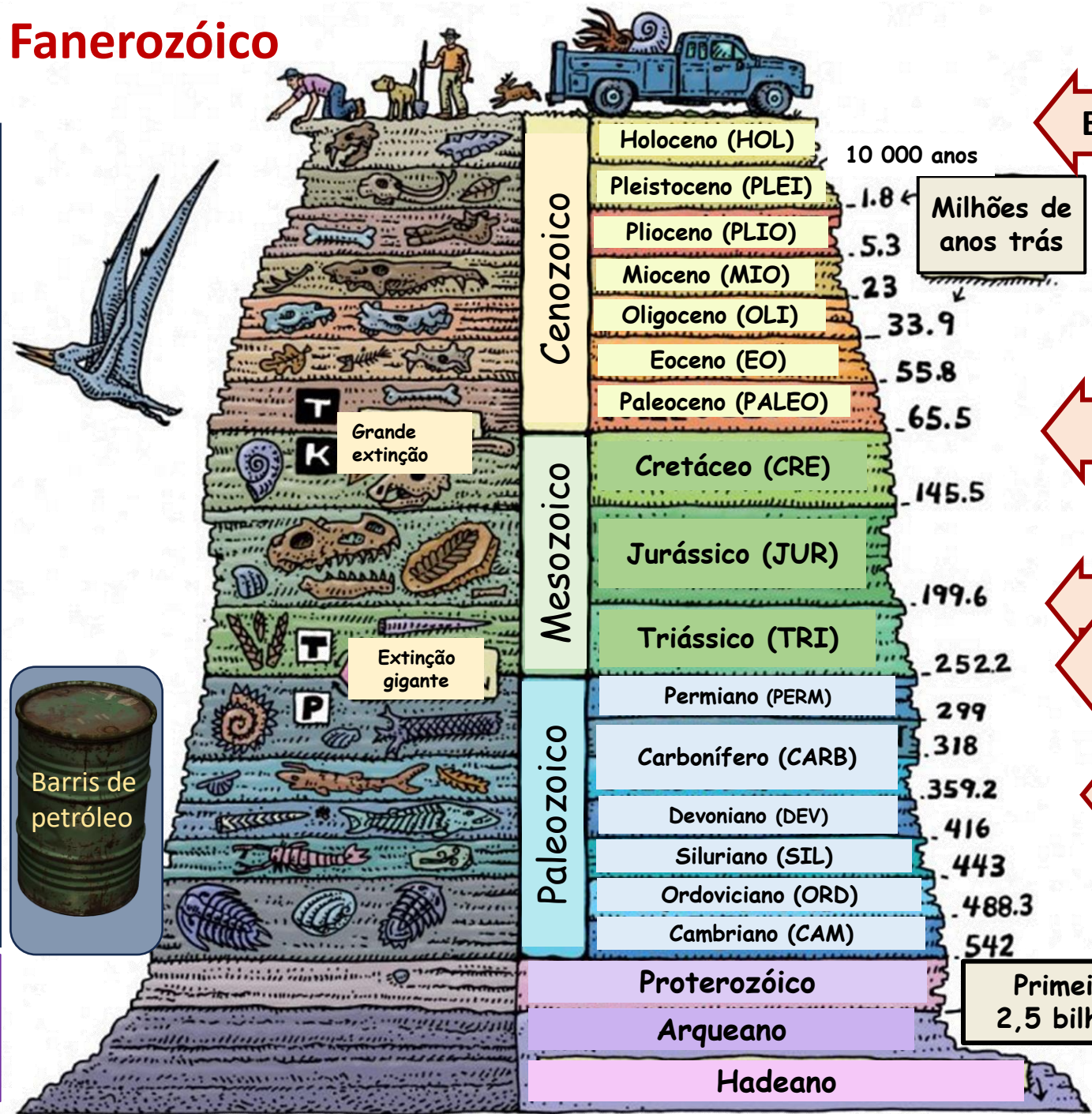
11%

89%

FANEROZOICO
(542 milhões de anos)

- Atmosfera com Oxigênio
- Metazoários (seres vivos com tecidos e órgãos)

PRECAMBIANO (PRE)
(4,1 bilhões de anos)



Em andamento 6

66 Maa 5

201 Maa 4

252 Maa 3

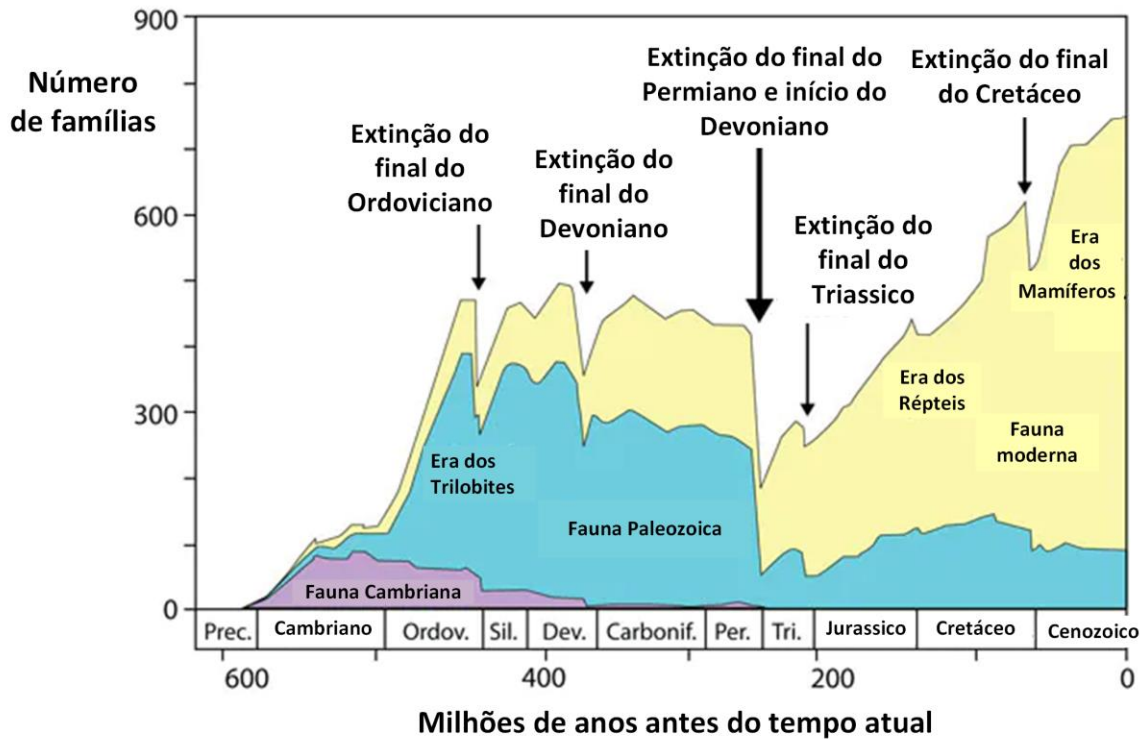
374 Maa 2

454 Maa 1

Primeiros fósseis 2,5 bilhões de anos 21

Período	Idade (Ma)
Holoceno (HOL)	10 000 anos
Pleistoceno (PLEI)	1.8
Plioceno (PLIO)	5.3
Mioceno (MIO)	23
Oligoceno (OLI)	33.9
Eoceno (EO)	55.8
Paleoceno (PALEO)	65.5
Cretáceo (CRE)	145.5
Jurássico (JUR)	199.6
Triássico (TRI)	252.2
Permiano (PERM)	299
Carbonífero (CARB)	318
Devoniano (DEV)	359.2
Siluriano (SIL)	416
Ordoviciano (ORD)	443
Cambriano (CAM)	488.3
Proterozóico	542
Arqueano	
Hadeano	

Diversidade no Fanerozoico versus Tempo e extinções em massa

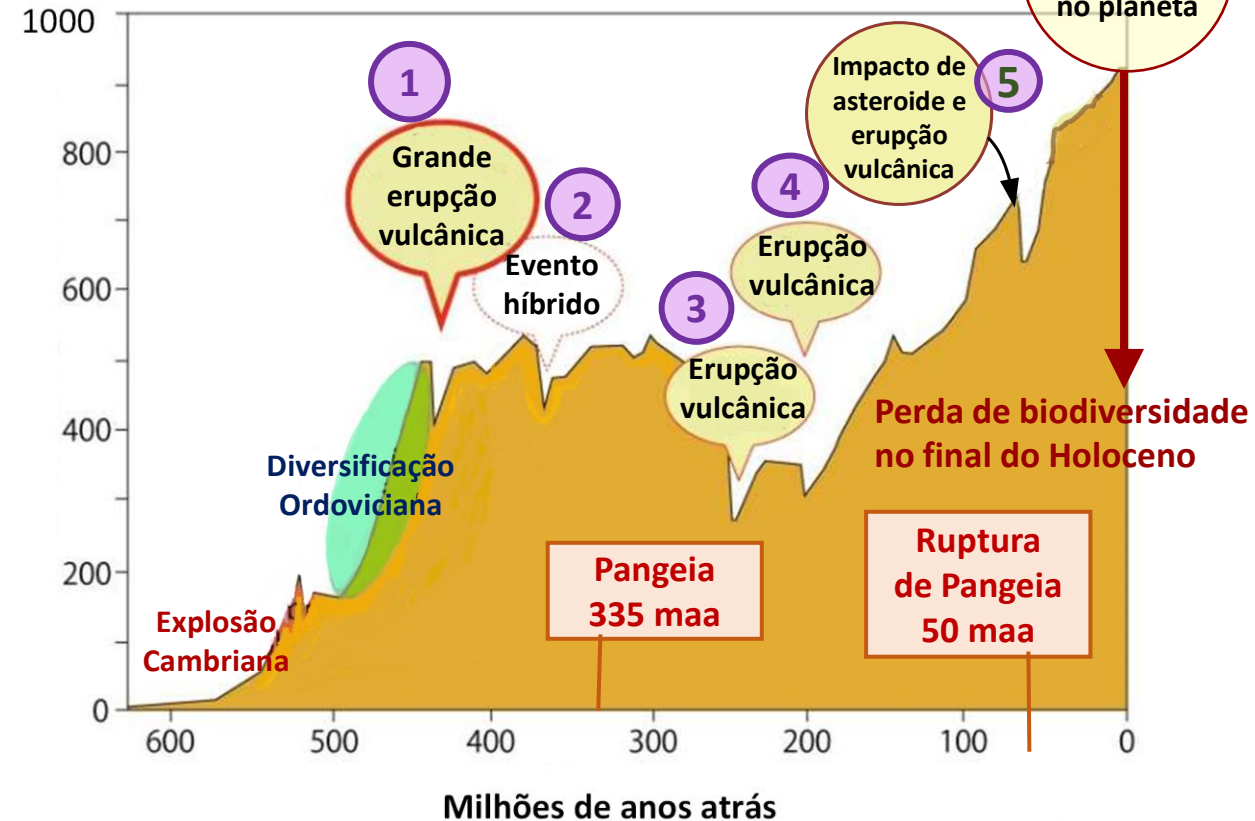


1. Choque da Índia com a Ásia, formação dos Apalaches;
2. Impacto de asteroide na Suécia (Siljan);
3. *Traps* (província magmática) da Sibéria;
4. Província Magma do Atlântico Central (CAMP);
5. *Traps* do Deccan (Índia), asteroide no Iucatã;
6. Civilização industrial (queima de carbono fóssil e extração-e-transformação de minerais).

As grandes extinções estão vinculadas a eventos vulcânicos e a queda de asteroides



Diversidade animal (número de famílias)



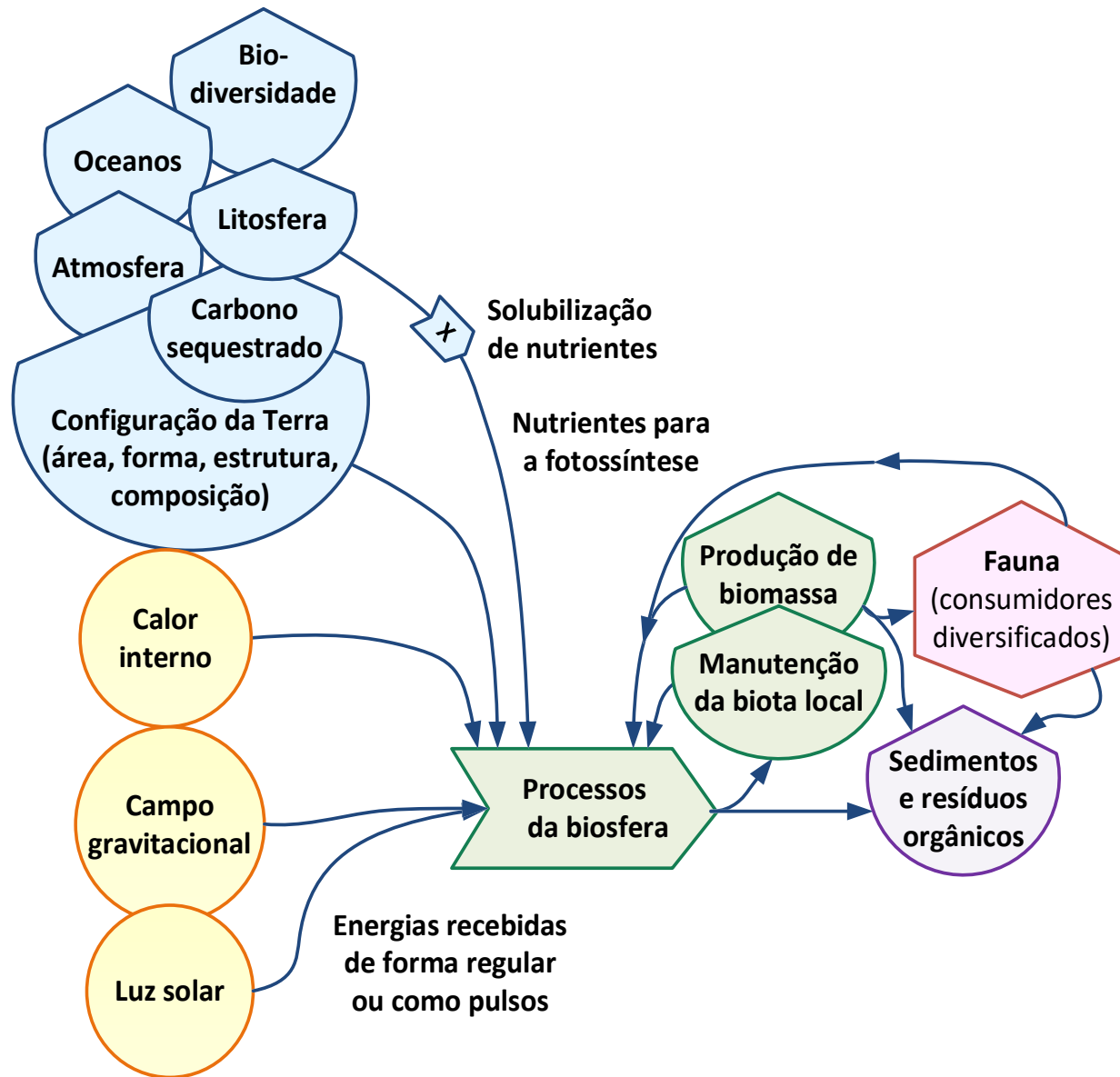
https://www.tohoku.ac.jp/en/press/large_volcanic_eruption_cause_mass.html

<https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2014/02/11/there-have-been-five-mass-extinctions-in-earths-history-now-were-facing-a-sixth/>

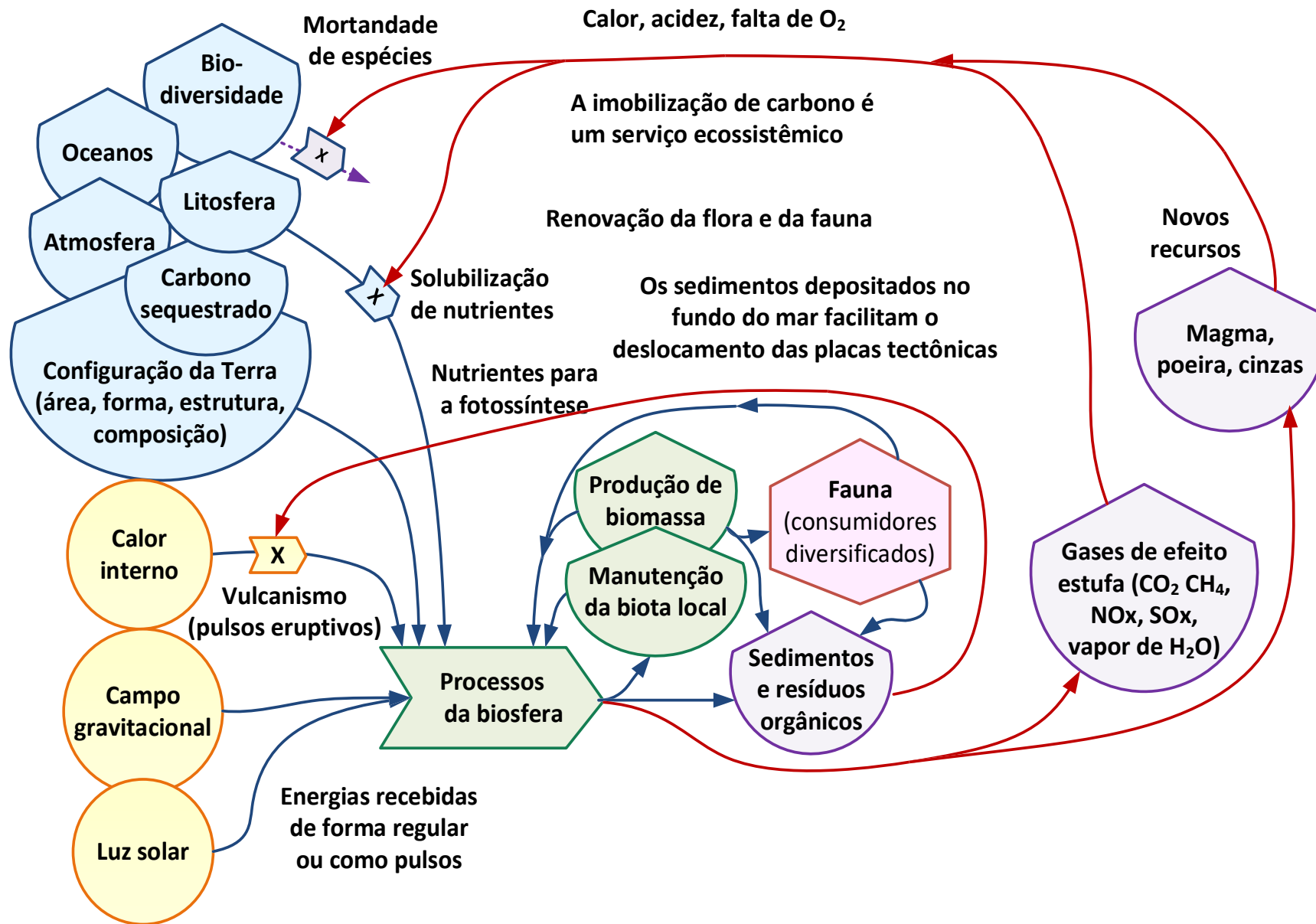
Grandes erupções e extinções ocorridas no Fanerozóico

Forças, processos e produtos de um ecossistema.

Os sedimentos irão facilitar o deslocamento das placas tectônicas e, assim, a irrupção das erupções.

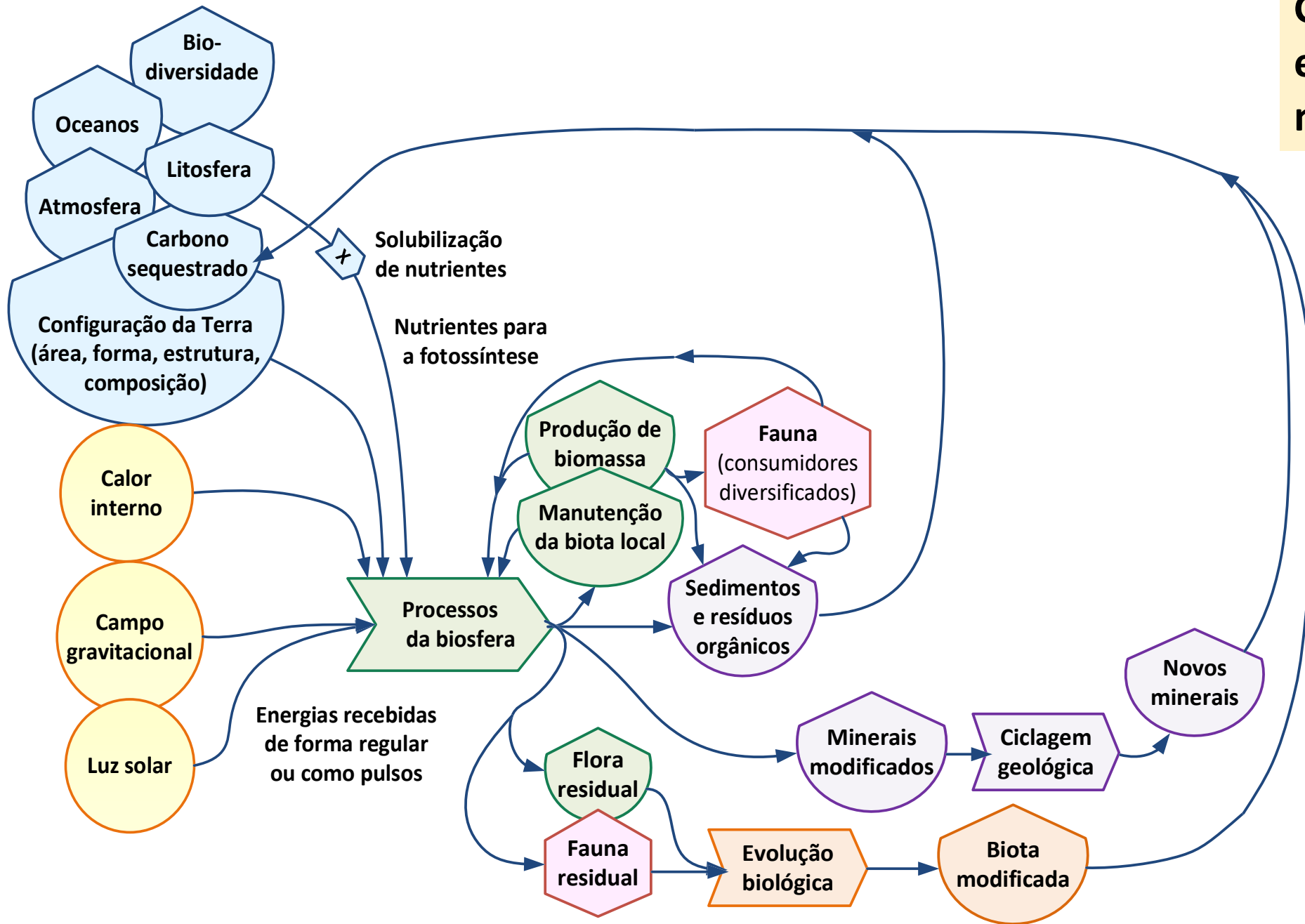


Grandes erupções e extinções ocorridas no Fanerozóico



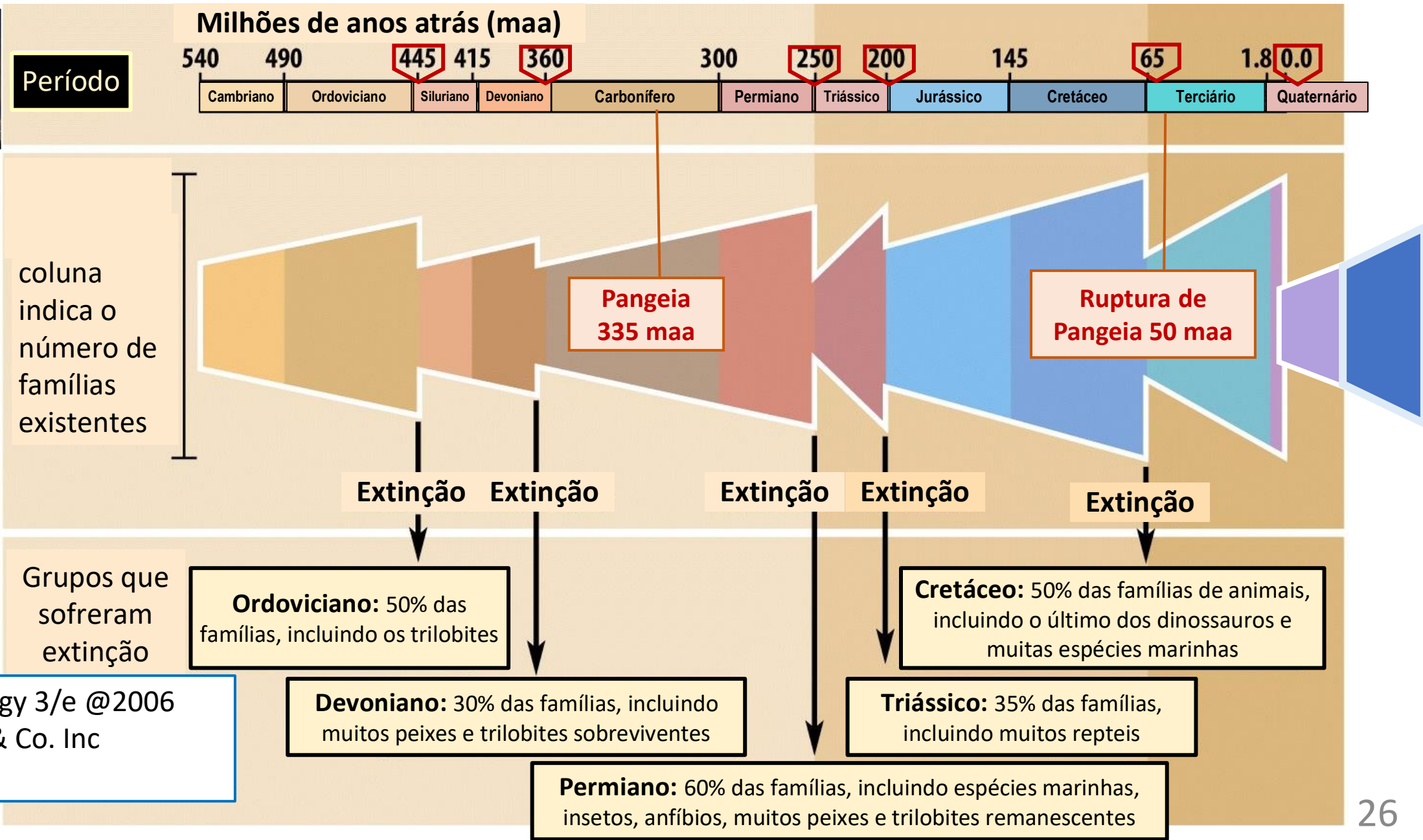
Processo eruptivo

Grandes erupções e extinções ocorridas no Fanerozóico



Após o cataclismo, a vida se recupera, a partir do que restou, e a biodiversidade aumenta

As grandes extinções e a mortandade de famílias



Discover Biology 3/e @2006
W.W. Norton & Co. Inc
[Figure 19-8](#)

Os impactos e as ações a favor da vida mudam ao longo da evolução

Eons	Impactos ambientais	
Pré-Cambriano	O impacto de um planetoide forma a Lua. A queda de asteroides gera calor que funde os minerais. A temperatura e a pressão são altas, há água e acidez, gases neutros (H ₂ , He, N ₂) e de efeito estufa (CH ₄ , H ₂ O). Surgem os procariontes (arqueias, bactérias) alguns deles não geram O ₂ , outros geram CH ₄ , O ₂ e CO ₂ . Surgem os eucariontes (algas, seres multicelulares e os primeiros predadores).	
Paleozoico	O sedimento facilita o deslocamento das placas tectônicas, que gera 5 erupções, maior efeito estufa e grande mortandade	Fim do Ordoviciano Fim do Devoniano
Mesozoico		Fim do Permiano Fim do Triássico
Cenozoico		Fim do Cretáceo Fim do Holoceno

Serviços biosféricos de recuperação

Campo magnético e rotação estável, preservação da água, solubilização de minerais das rochas, formação de sedimentos e basalto, sequestro de CO₂ em calcários, sobrevivência da forma de vida inicial, formação de células sem núcleo (procariontes) e com núcleo (eucariontes). O O₂ oxida as rochas de ferro e vai a atmosfera onde forma a **camada de ozônio**. Formação de sedimentos, perda do metano e menor efeito estufa, congelamento global. Organismos multicelulares e predadores (**controle biológico**).

Recuperação da biodiversidade a partir das espécies sobreviventes. Chuvas ácidas dissolvem as rochas, e deslocam os minerais aos vales e ao mar. O CO₂ e os nutrientes minerais permitem produzir biomassa e sedimentos (ocorre **captura de CO₂ e resfriamento**). **Humanos: de predadores a seres simbióticos (?)**

**Resumo da historia geológica e biológica da Terra
e uma possibilidade de superação da crise atual
(em 7 diagramas)**



A Terra durante a sua formação (antes de 4,5 baa)

Primeiro passo para o surgimento do planeta

Acreção e fundição (100 milhões de anos)

Forças atuantes

Queda de meteoritos (impacto físico)

Ação do movimento celeste

Poeira, gases, água e rochas do espaço, com disponibilidade decrescente

Trabalho realizado

Aumento da força de atração gravitacional

Massa crescente

Fusão dos materiais sólidos da Terra

Temperatura muito alta

Conversão da energia do impacto dos meteoritos em energia térmica

Formação do campo magnético da Terra que protege: (1) do vento solar erosivo e (2) dos raios cósmicos intensos destrutivos)

Formação do núcleo, do espaço de circulação do magma (circuito elétrico) e de uma crosta pequena

Deslocamento interno dos materiais fundidos de acordo com sua densidade

Processos físicos e químicos

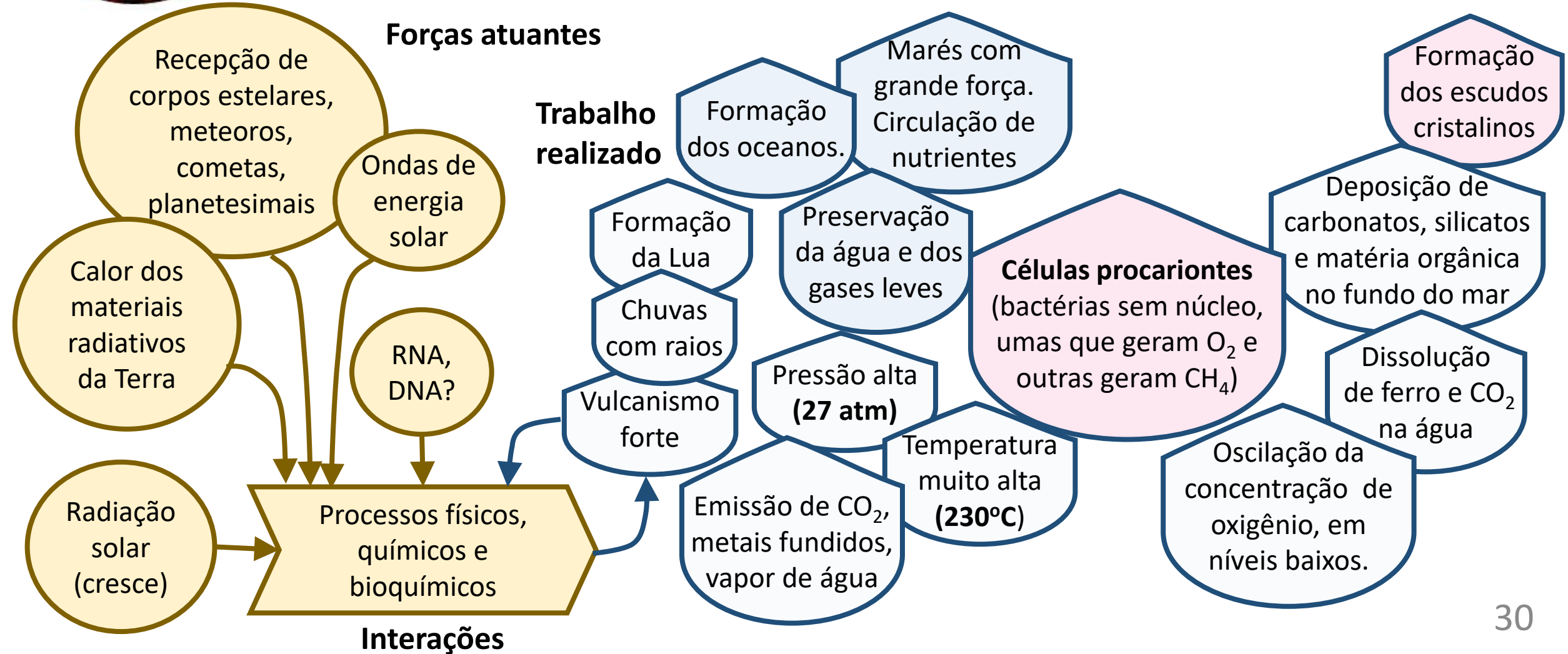
Interações



Super Eon Pré-Cambriano 4,5 baa– 541 maa

Preparação para o surgimento da vida e da regulação climática

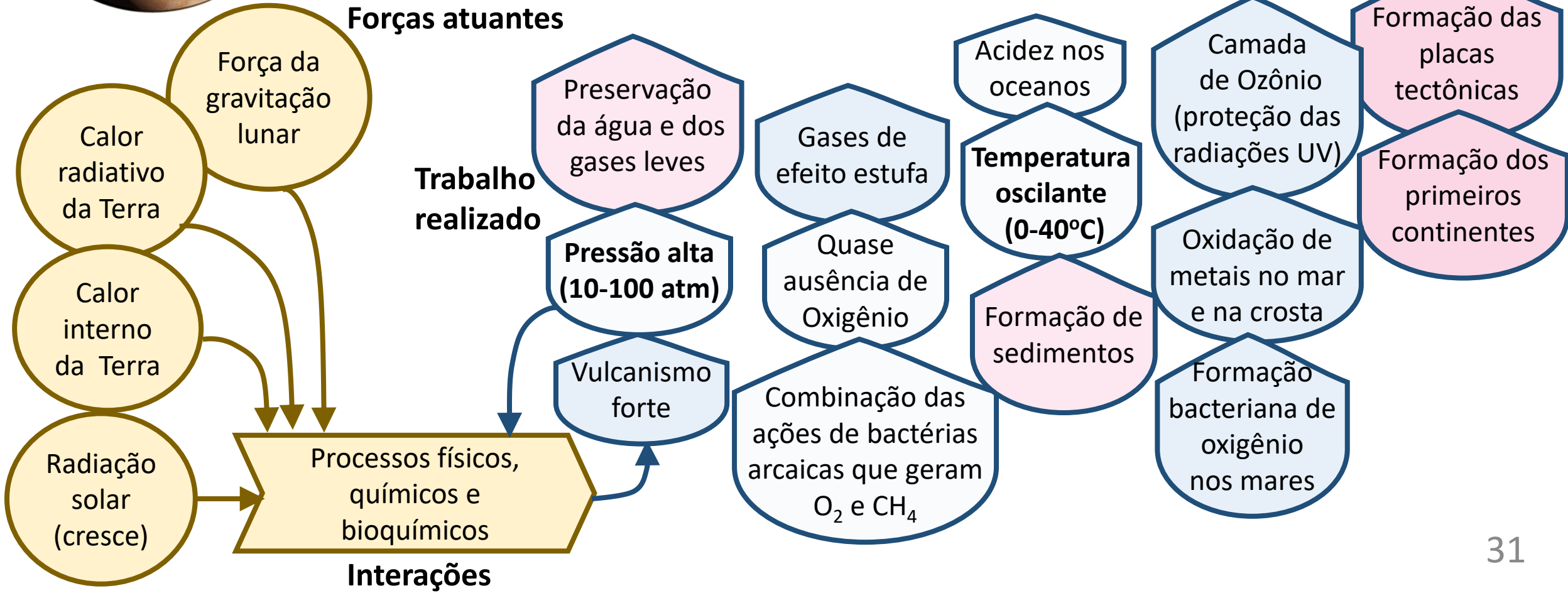
Eon Hadeano 4,5 – 4,0 baa. Atmosfera rica em CO₂ (sem oxigênio)





Super Eon Pré-Cambriano 4,5 baa– 541 maa

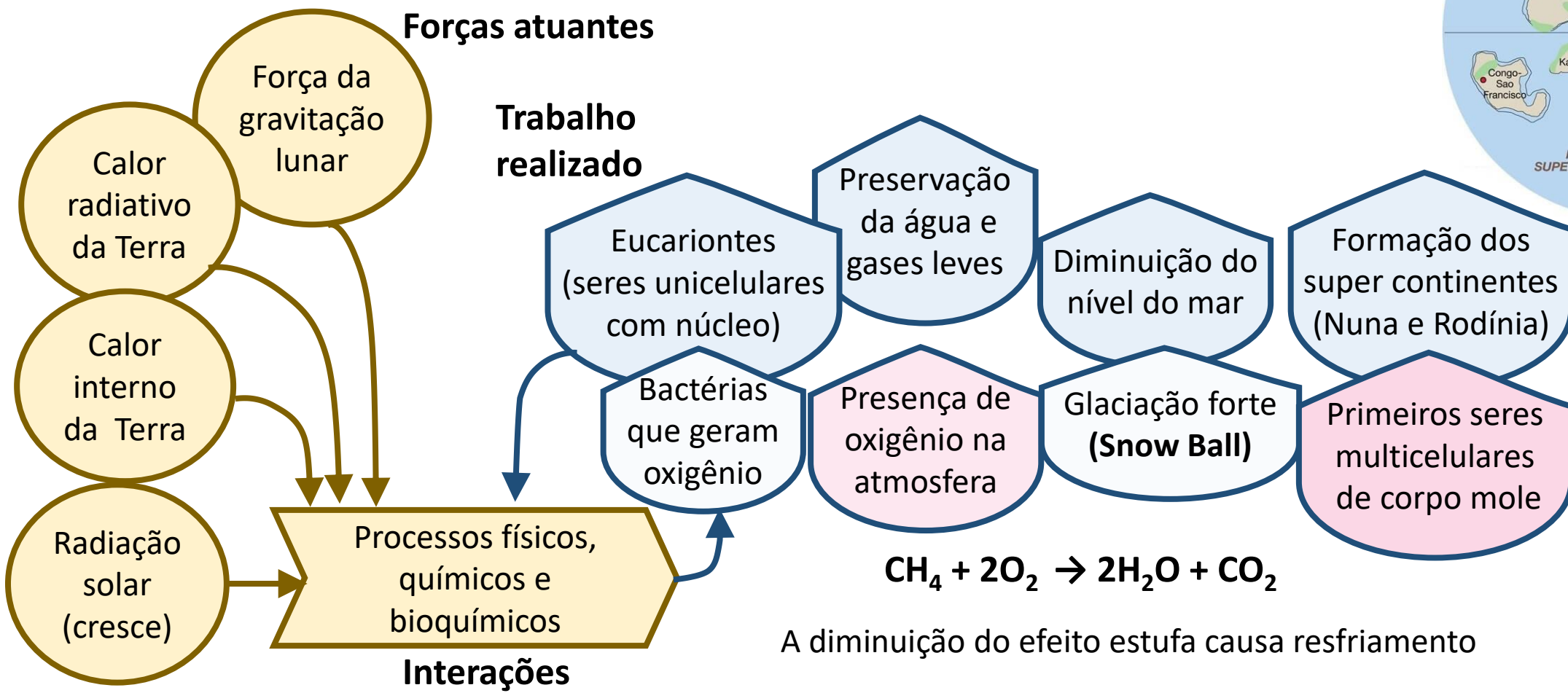
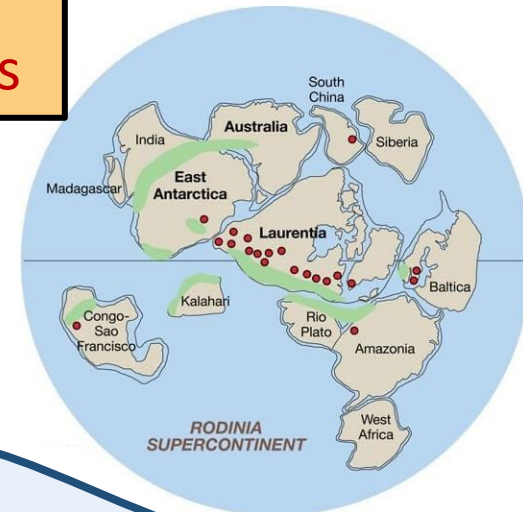
Eon Arqueano 4,0 – 2,5 baa. Seres unicelulares sem núcleo



Super Eon Pré-Cambriano 4,5 baa– 541 maa

Eon Proterozóico 2,5 baa – 541 ma atrás

Eucariontes, O₂, glaciação completa, movimentos tectônicos



225 million years ago



5. Eon Fanerozóico 541 ma atrás até o presente

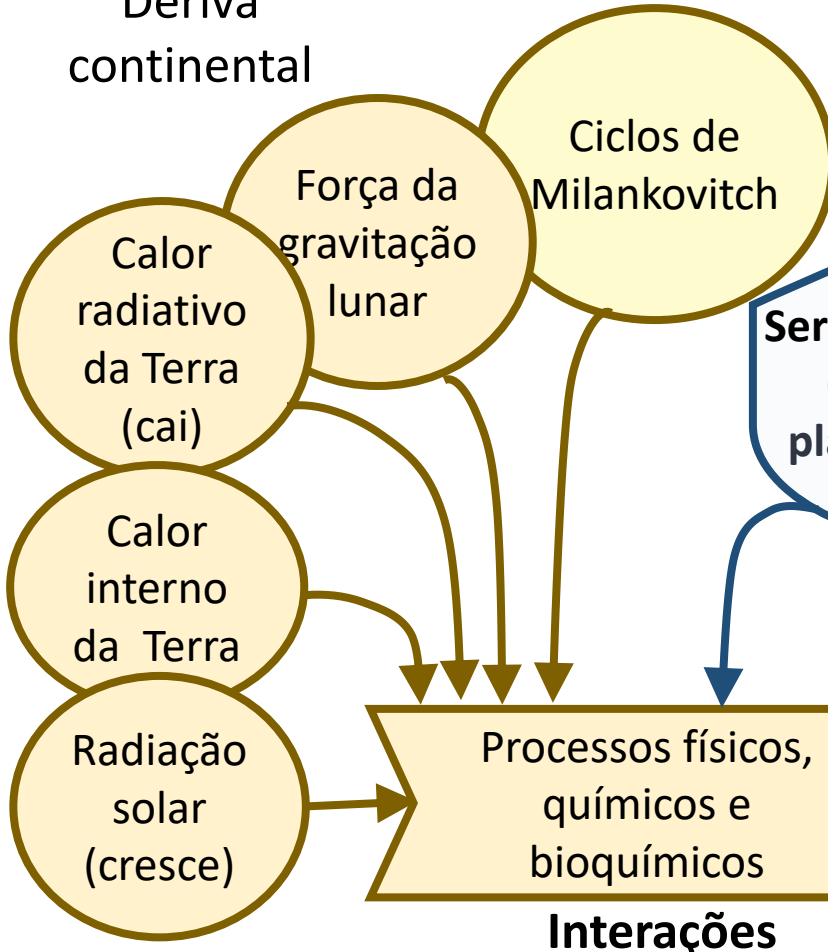
Grande biodiversidade. Aparecem os hominídeos que passam a dominar o planeta (1% do tempo da Terra)

Deriva continental

Terra atual

Trabalho realizado

Forças atuantes



Seres macroscópicos (algas, fungos, plantas e animais)

Animais com exoesqueletos

Temperatura = 13°C
Pressão = 1 atm.

Presença de oxigênio na atmosfera

Deriva continental (contribuição a regulação climática)

A recuperação da biodiversidade aumentou os serviços ecossistêmicos e a estabilidade climática.

Capacidade de organização para mudar todo o planeta

Cinco extinções em massa devido a erupções e queda de asteroides

Extinções de animais da mega fauna

Quatro ciclos de glaciação e mar quente

Dispersão humana em todo o planeta



Época do Holoceno: 11 700 anos atrás até o presente

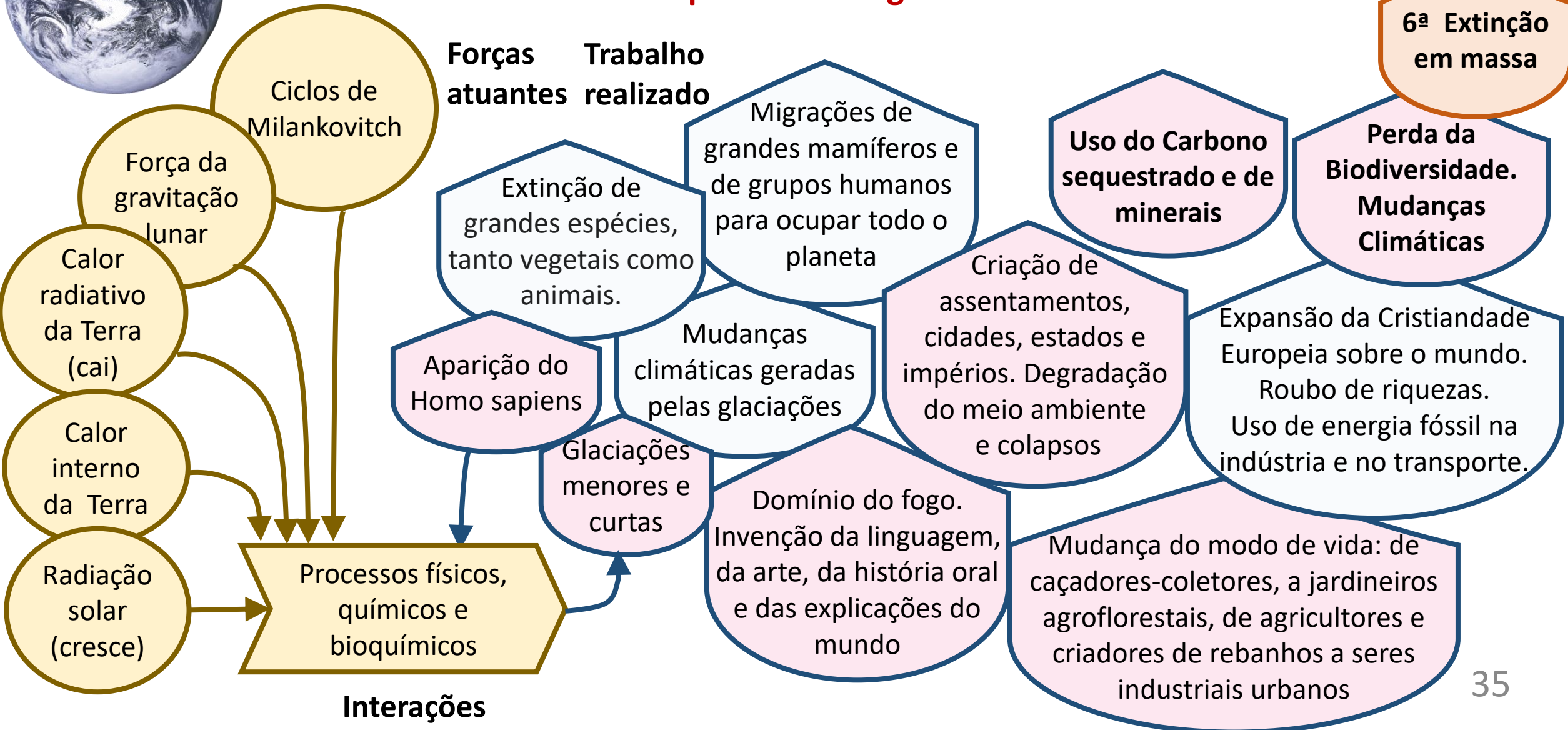
Os humanos dominaram este período e ao final dele, ao usar recursos não renováveis de forma intensa, criaram as Mudanças Climáticas e o risco da 6ª extinção em massa, que pode incluir a espécie humana.

Eón ¹	<u>Era</u>	Milhões anos	Era ¹	<u>Período</u>	<u>Época</u>	Milhões anos
<u>Fanerozoico</u>	Cenozoico	66	<u>Cenozoico</u>	Quaternário	Holoceno	0,01
	<u>Mesozoico</u>	251,0 ±0,4			<u>Pleistoceno</u>	2,59
	<u>Paleozoico</u>	542,0 ±1,0		<u>Neógeno</u>	<u>Plioceno</u>	5,33
<u>Proterozoico</u>		2500			<u>Mioceno</u>	23,03
		3800			<u>Oligoceno</u>	33,9
<u>Arcaico</u>		ca. 4570		<u>Paleógeno</u>	<u>Eoceno</u>	56
<u>Hádico</u>					<u>Paleoceno</u>	66



6. Época do Holoceno 17 000 anos atrás até o presente

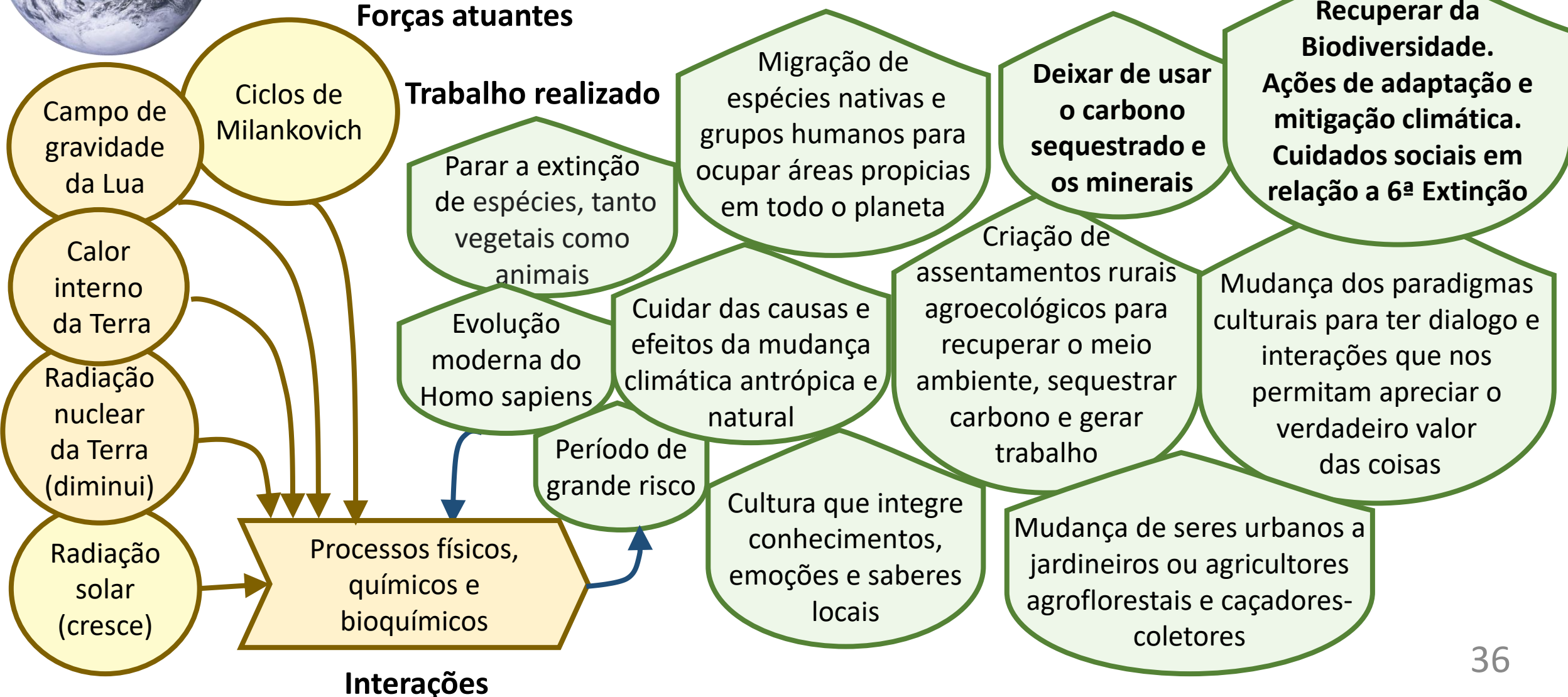
Os humanos dominam este período interglacial e criam o caos ambiental





7a. Época do Ecoceno (próximos 100 000 anos)

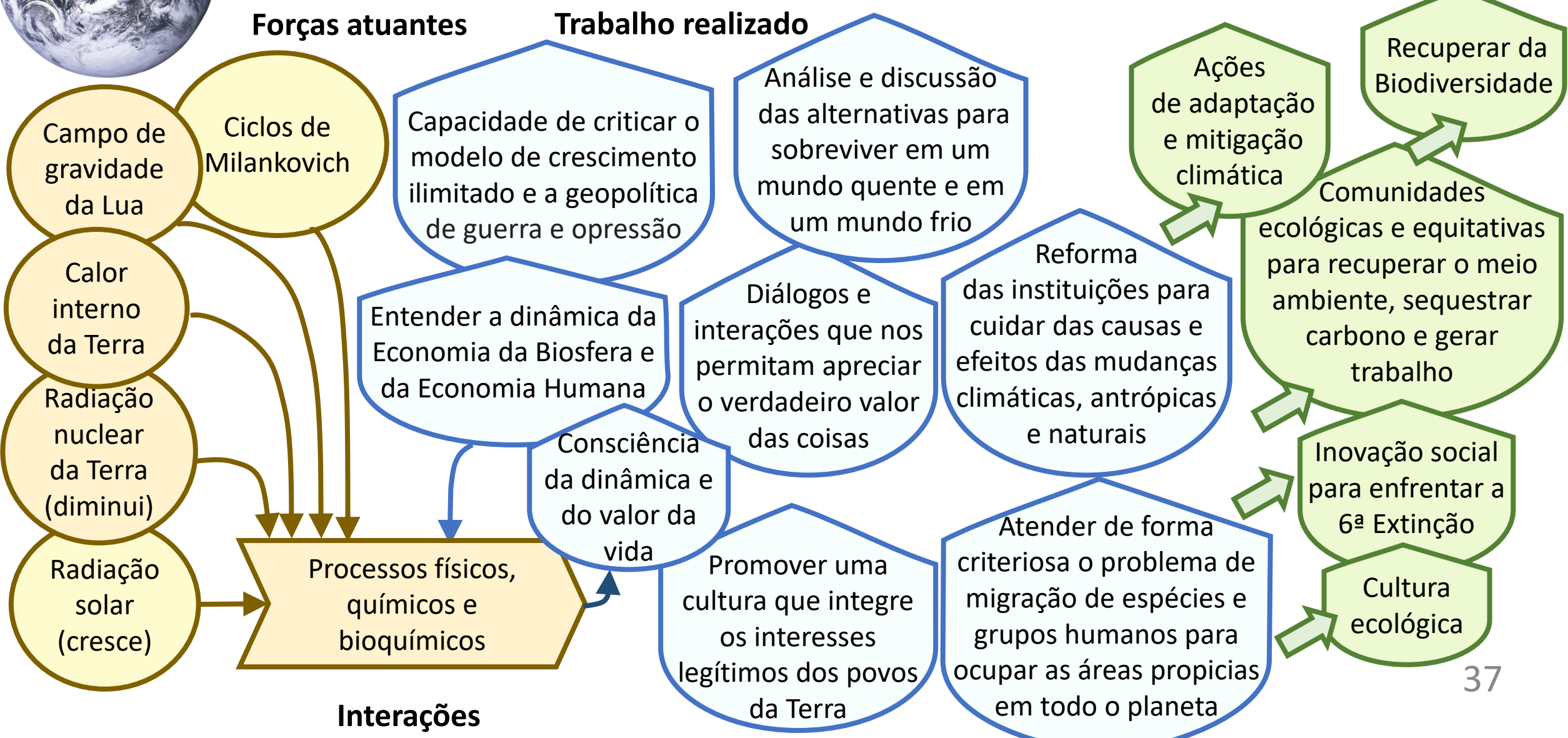
Existem possibilidades de enfrentar o aquecimento e a glaciação ... mas,...





7b. Época do Ecoceno (próximos 100 000 anos)

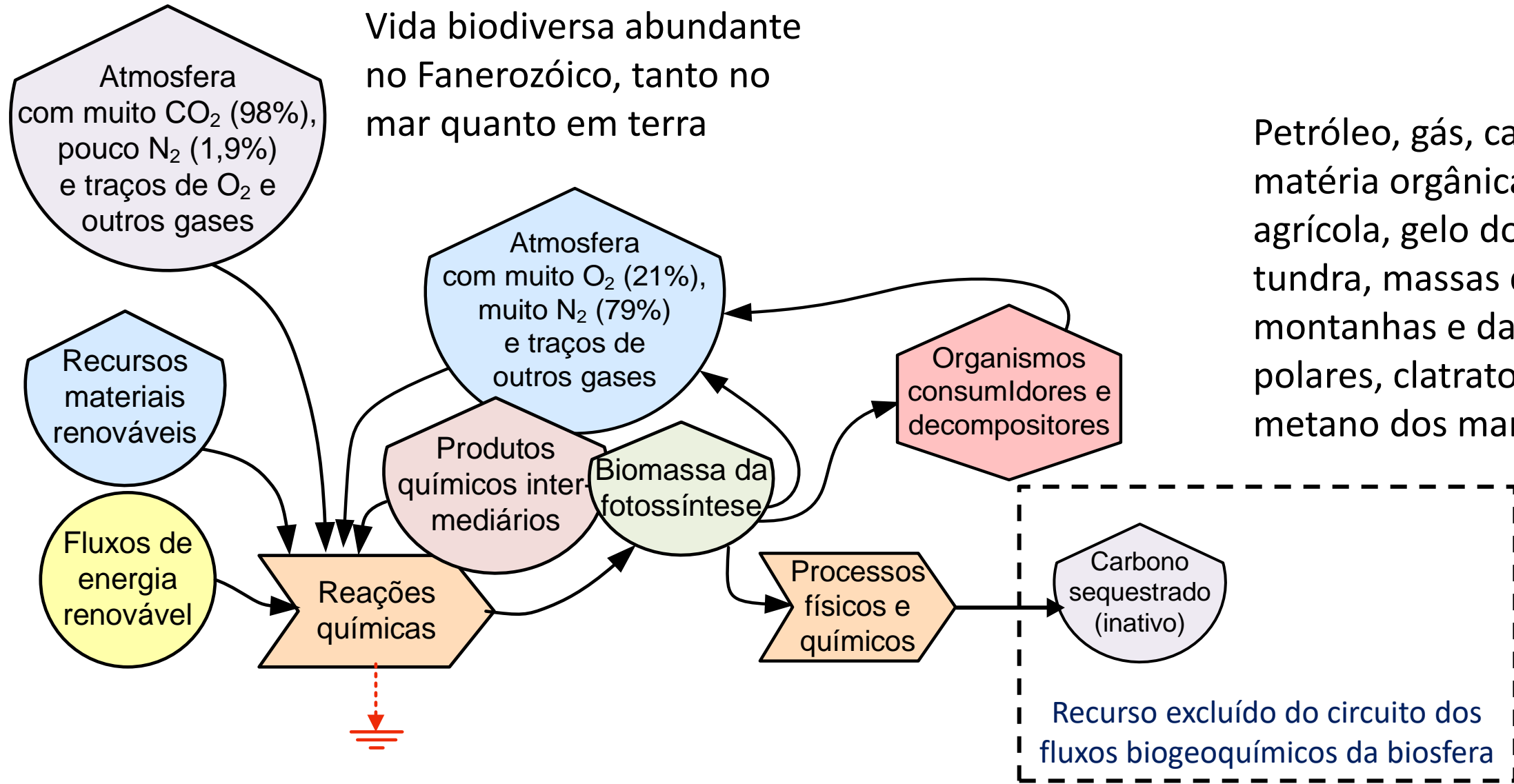
Condição prévia: solucionar os problemas políticos, culturais, religiosos e filosóficos



Três slides sobre a formação de estoques críticos para a evolução da vida na Terra

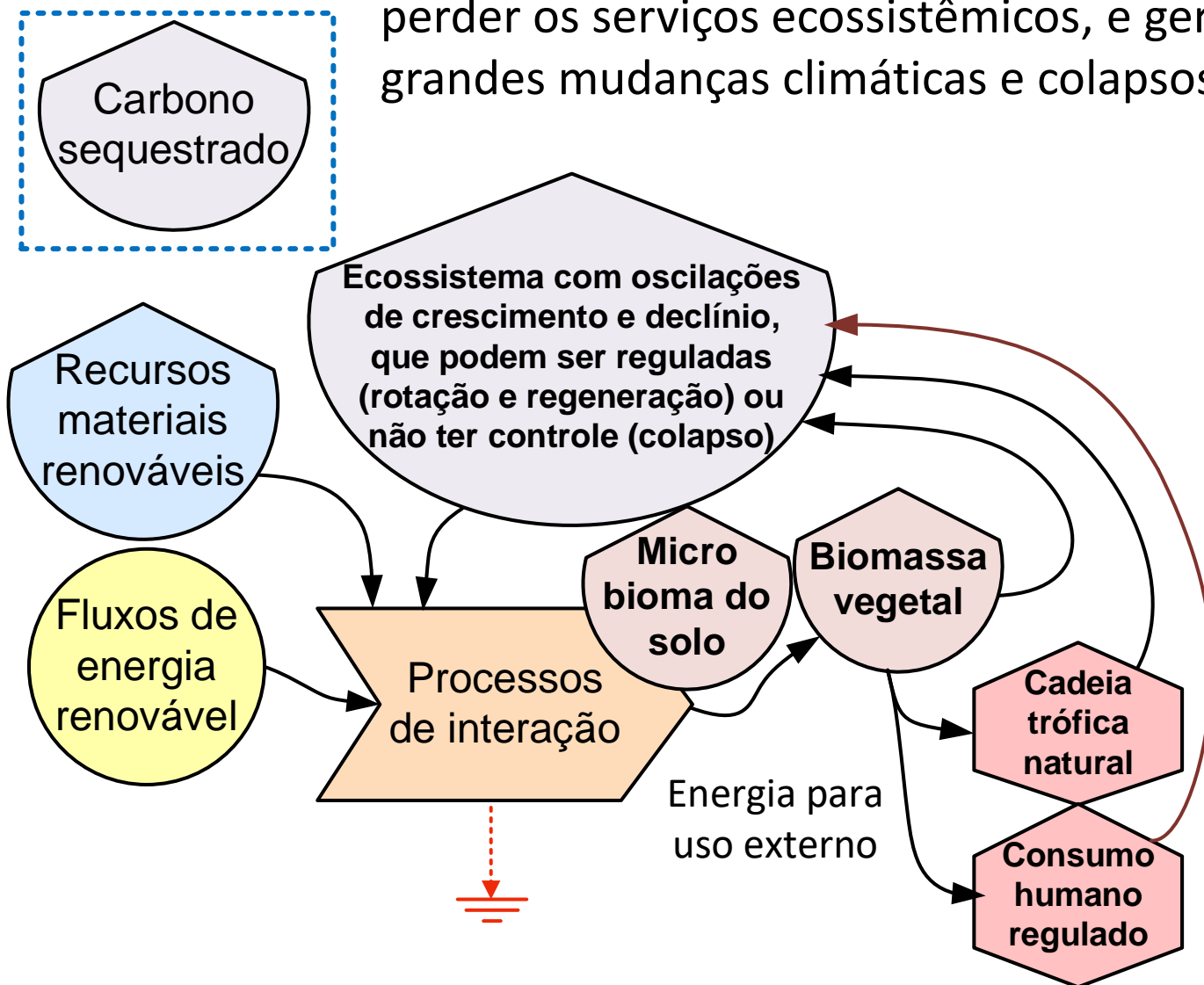
A exclusão de um recurso prejudicial permite aumentar os fluxos biogeoquímicos e produz mudanças importantes da qualidade dos estoques do sistema

Vida biodiversa abundante no Fanerozóico, tanto no mar quanto em terra



Petróleo, gás, carvão, matéria orgânica do solo agrícola, gelo do solo da tundra, massas de gelo das montanhas e das calotas polares, clatratos de metano dos mares rasos

A falta de consciência dos limites biofísicos e sociais permite crescer muito, criar estruturas sociais injustas, destruir a vegetação nativa, perder os serviços ecossistêmicos, e gerar grandes mudanças climáticas e colapsos.



A evolução dos seres humanos e de sua organização social levou ao domínio dos recursos produzidos em distintas regiões do planeta em distintas épocas.

Esse domínio pode evoluir para:
(a) um equilíbrio oscilante
(b) degradação do ecossistema.

Neste segundo caso, pode ocorrer um colapso do sistema que perde a capacidade de sustentar a flora, a fauna e a população humana

Alguns dos processos químicos mais importantes na evolução da biosfera

Vulcanismo: Liberação de CO_2 , H_2O + metais (Fe, Si, S, Ca, Mg etc.)

Oxidação: $\text{Metal} + \text{H}_2\text{O} = \text{Óxido metálico} + \text{H}_2$

Carbonatação: $\text{Óxido metálico} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Carbonato metálico} + \text{H}_2$

Reação do enxofre: $\text{S} + \text{O}_2 + 3\text{H}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{S}$

$\text{Óxido metálico} + \text{H}_2\text{S} = \text{Sulfato metálico} + \text{H}_2$

Formação de água: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$

B. cianogênicas: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_n\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

B. metanogênicas: $\text{Matéria orgânica} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Sedimentação, compressão, ambiente anóxico, aquecimento:

Imobilização do CO_2 $\text{C}_n\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{hidrocarbonetos} + \text{CO}_2$

(carbono sequestrado) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{hidrocarbonetos}$

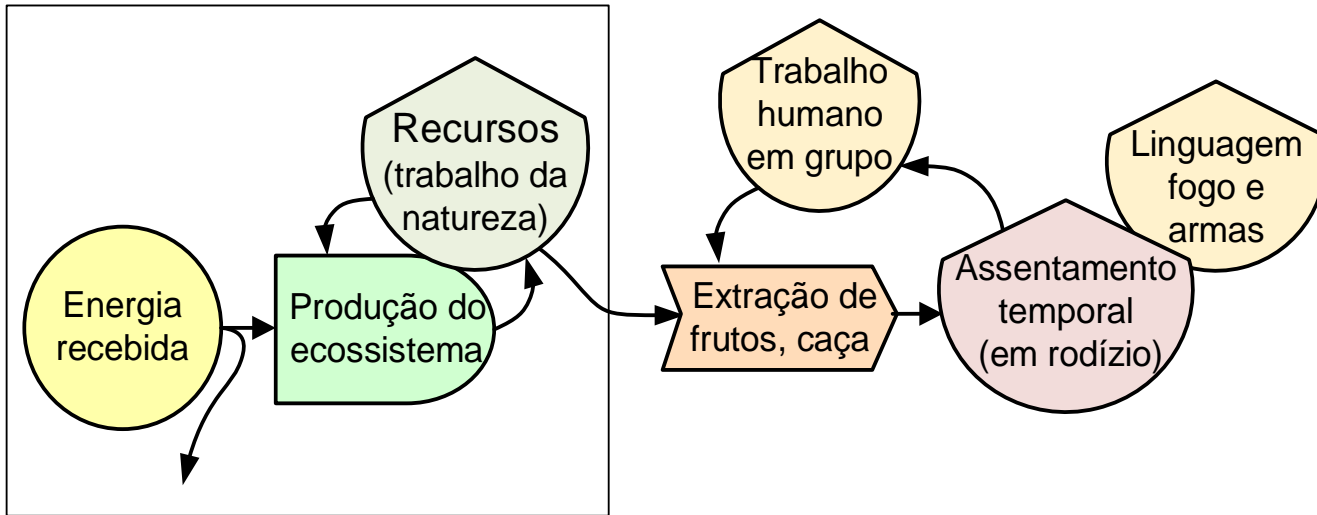
Usar a economia biofísica que tenha como base a termodinâmica da biosfera

Trabalho feito pela natureza, em períodos muito longos, por tanto, recursos muito valiosos!

A economia atual considera estes recursos gratuitos. Só paga o trabalho humano envolvido na sua extração

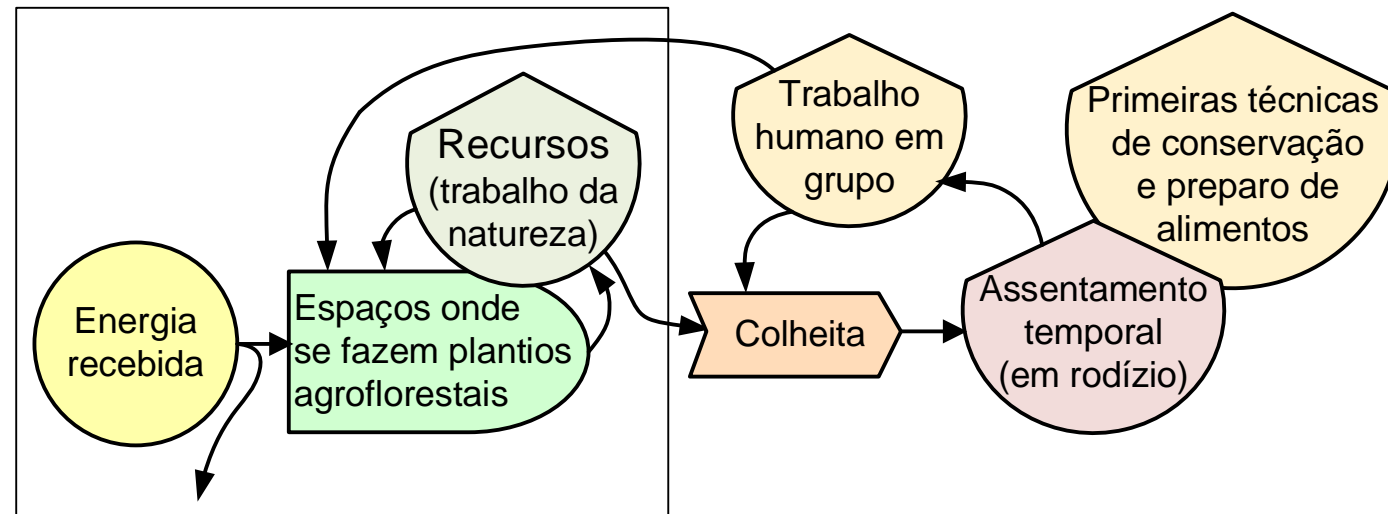
Cuatro slides sobre a evolução humana

Evolução da relação humanidade-natureza



Coletores e caçadores

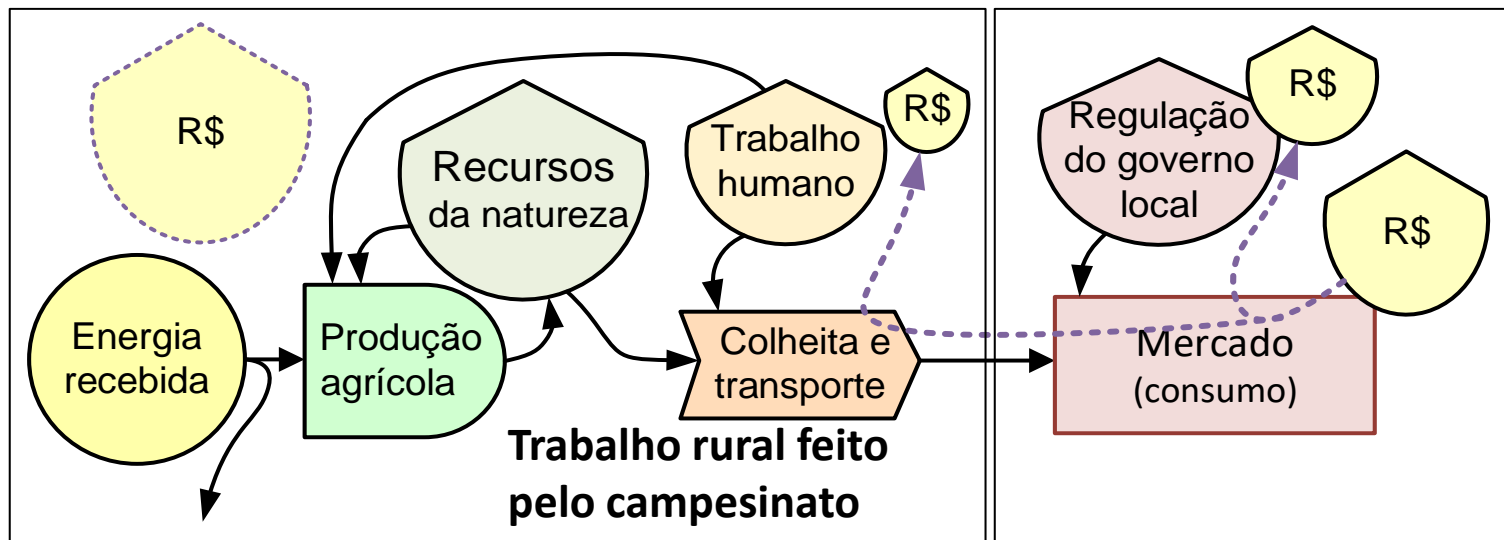
A ignorância ou a imprudência levou aos caçadores a extinguir espécies da megafauna em vários continentes



Jardineiros agroflorestais-caçadores e criadores de animais

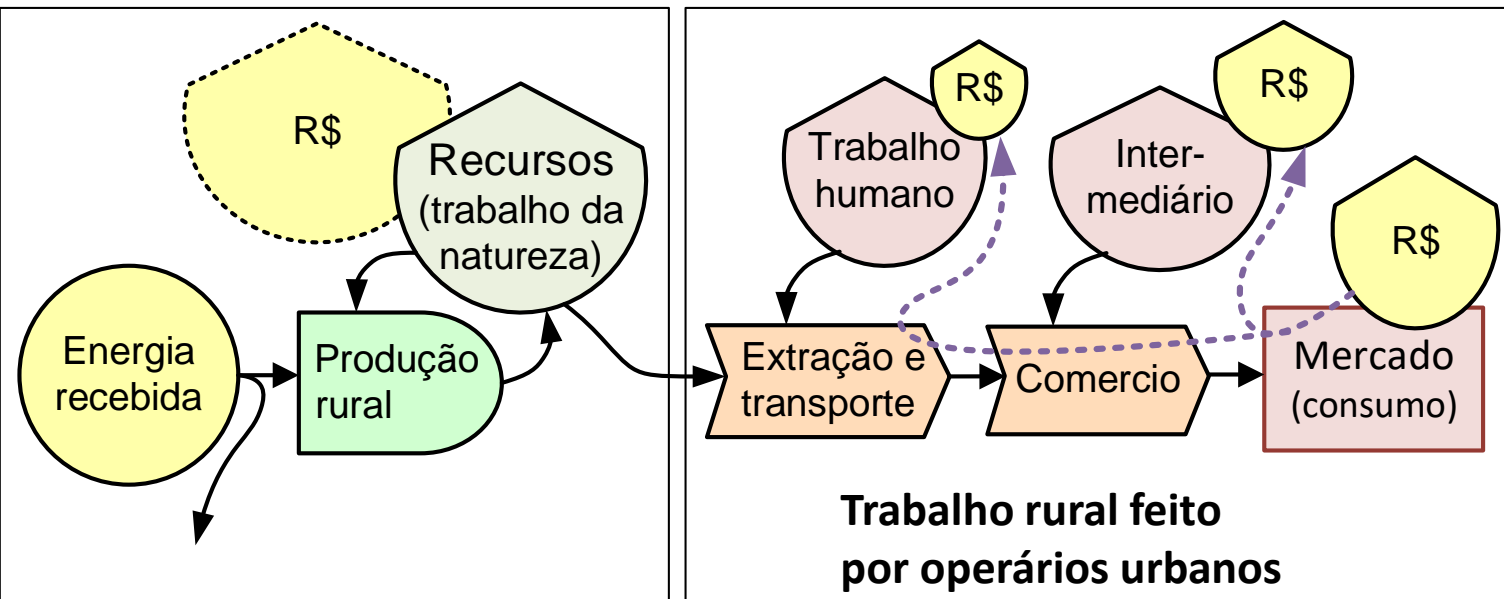
As primeiras etapas da agricultura foram realizadas em áreas pequenas perto de acampamentos. Pesquisas recentes indicam que houve alternância entre as formas de manejo dos recursos naturais.

Valor justo: valor do trabalho da natureza + trabalho humano



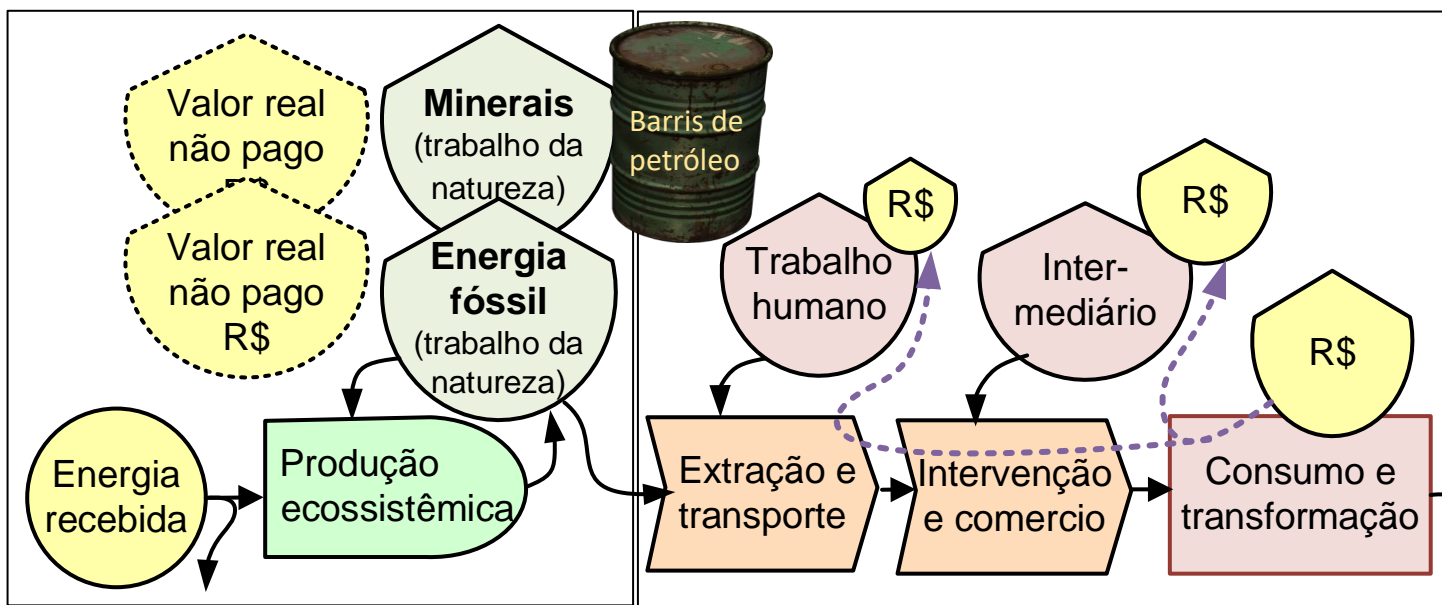
No passado, o trabalho no meio rural era, em grande parte, feito pela natureza, em períodos que demoravam anos ou décadas, gerando recursos valiosos porém mal remunerados!

A economia atual assume que a contribuição da natureza é gratuita e não se esgota. O mercado só paga o trabalho humano envolvido, que diminui devido à mecanização.



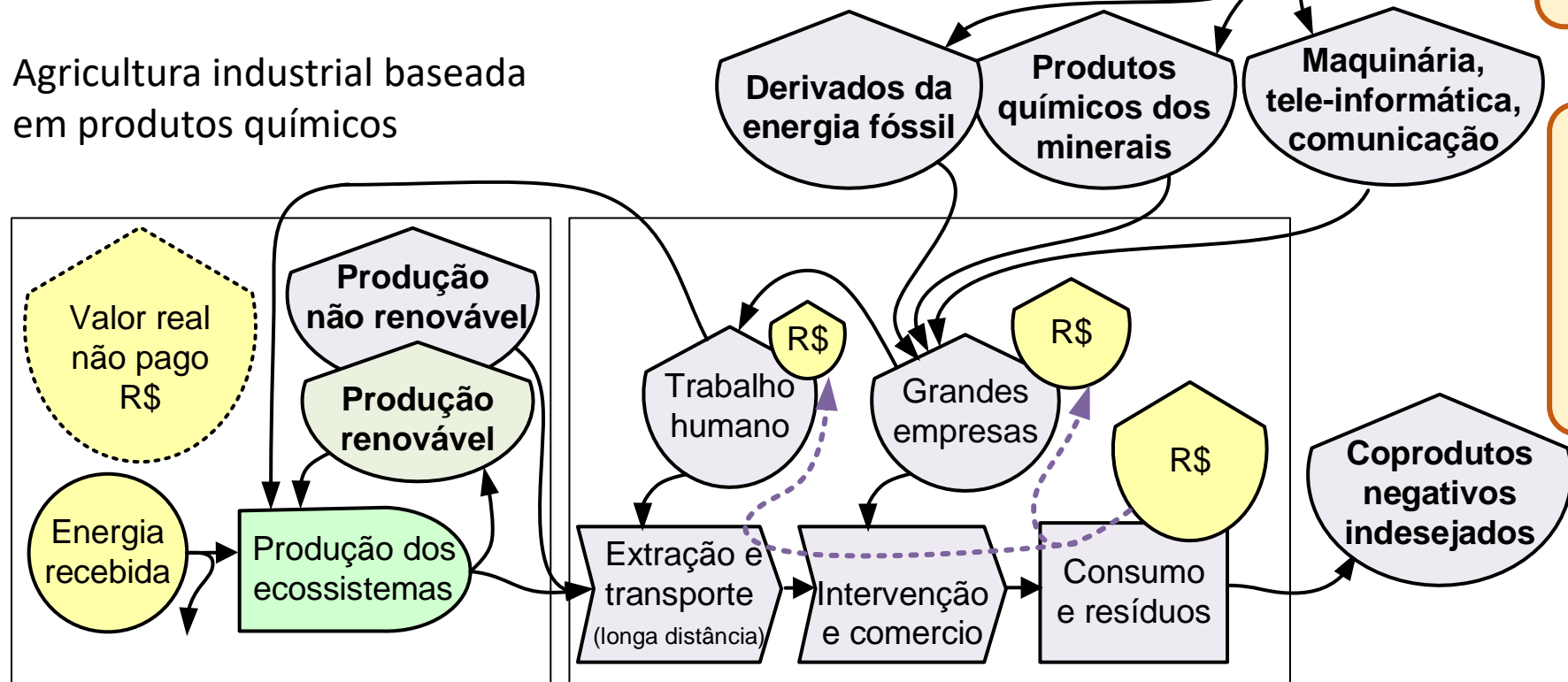
A solução do valor justo implica a adoção de uma economia biofísica que leve em conta a termodinâmica e a evolução da biosfera e o trabalho realizado pela natureza.

Etapa recente da relação humanidade-natureza



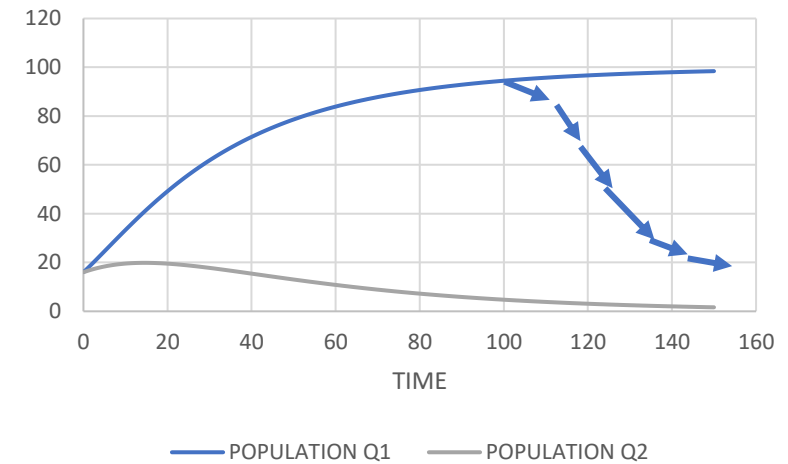
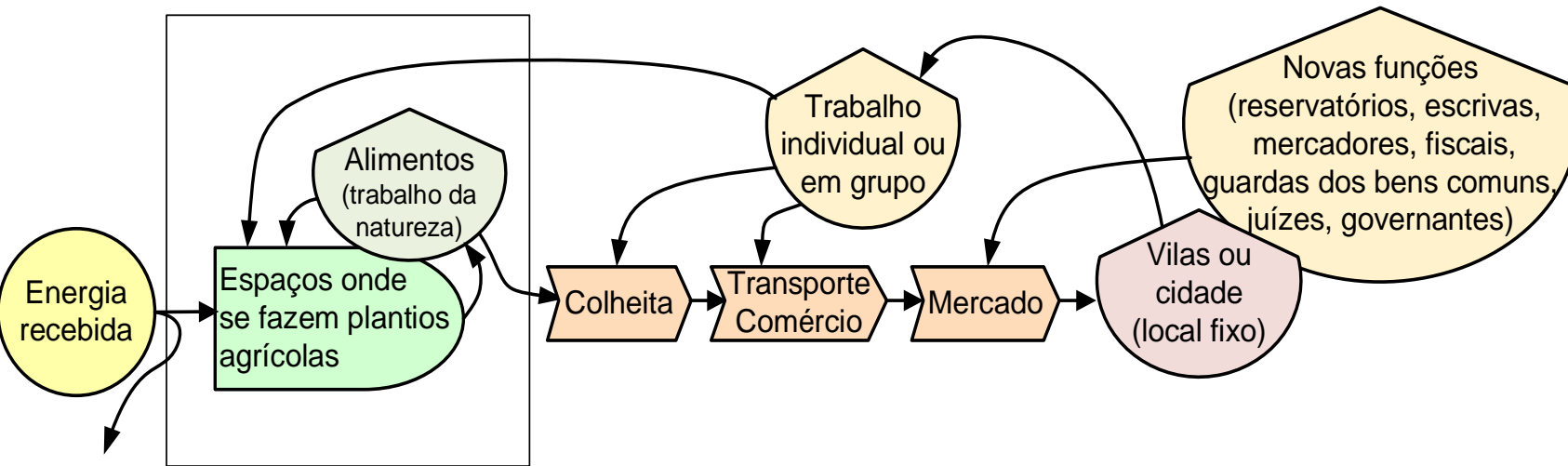
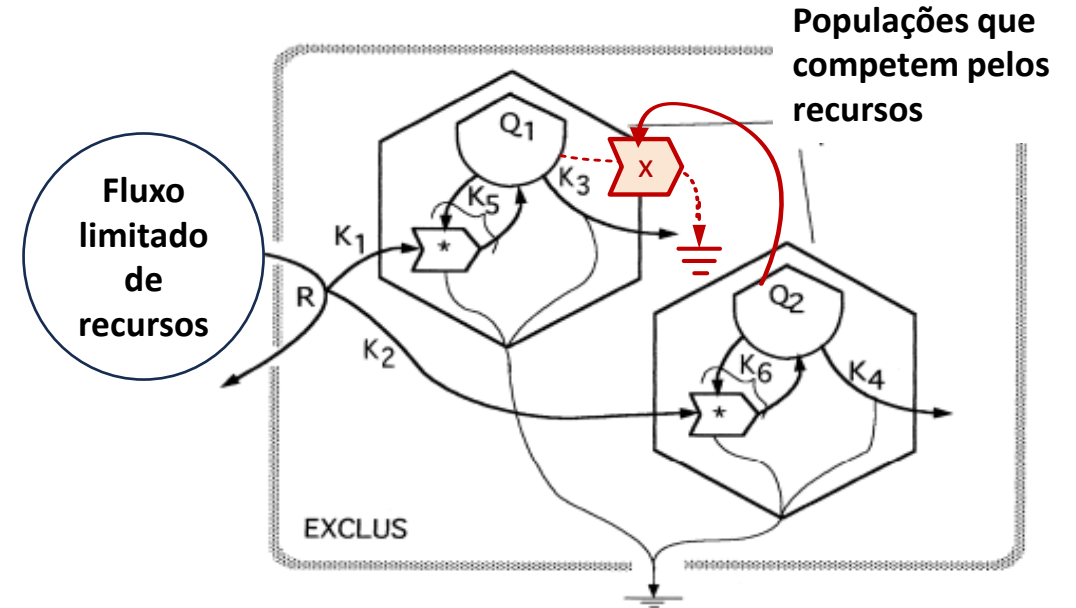
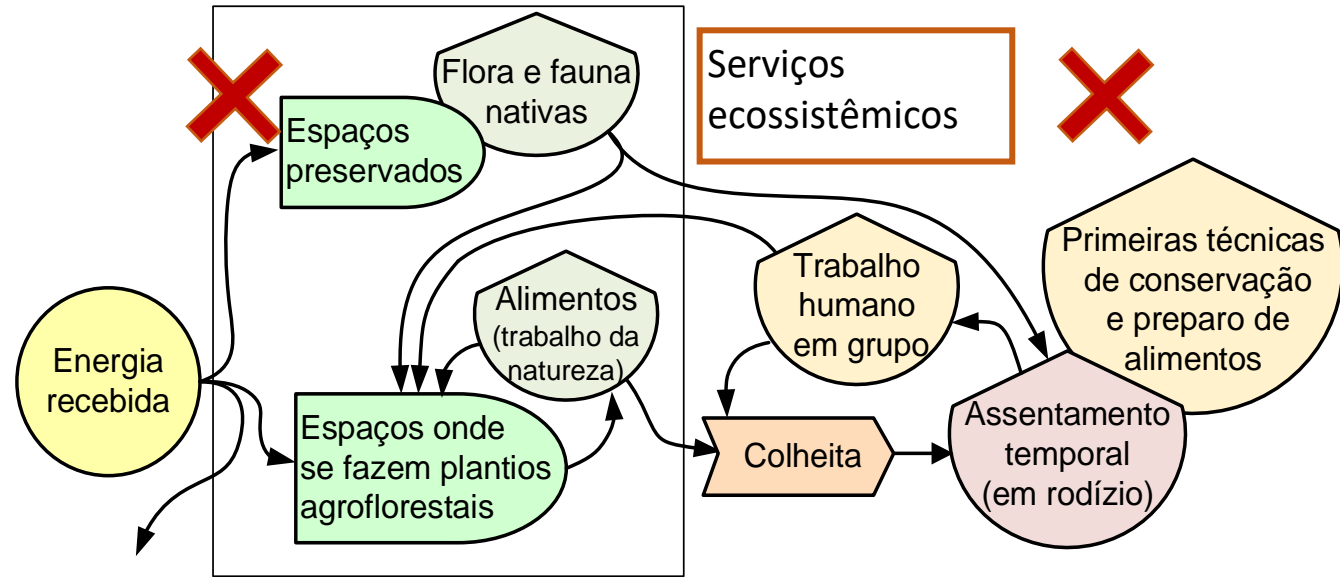
A biosfera se tornou frágil quando a humanidade passou a usar dois recursos não-renováveis: a energia fóssil e os minerais.

Agricultura industrial baseada em produtos químicos



Os estoques de carbono requerem milhões de anos para se renovar. Além disso, seu uso gera produtos tóxicos e cambio climático.

Crescimento, clímax e colapso:



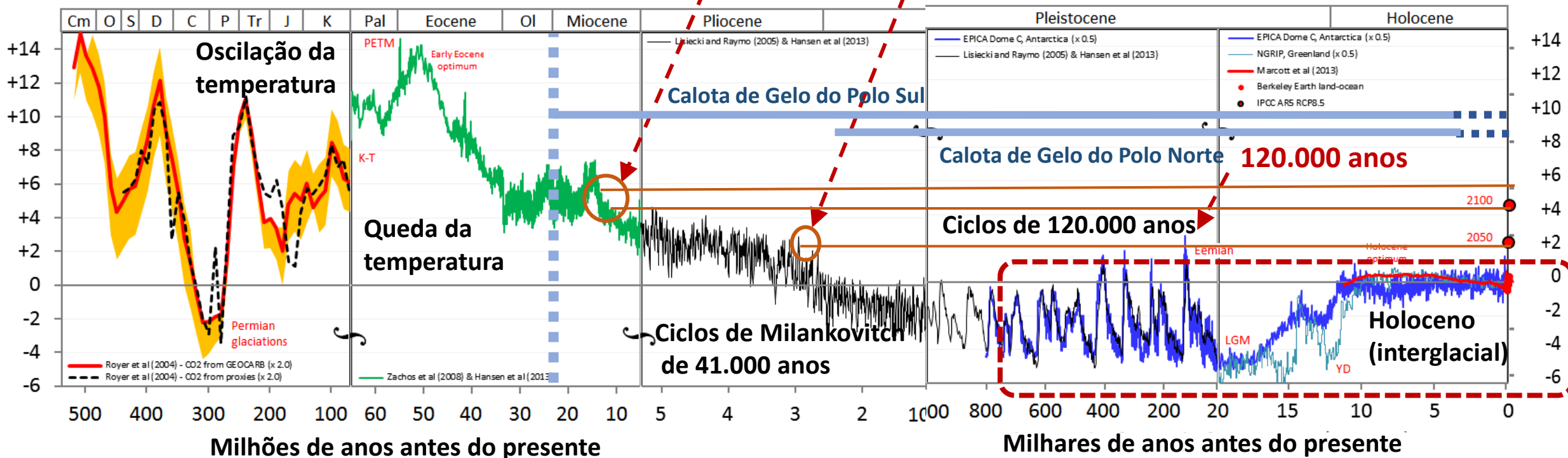
Retomando a história da Terra

A temperatura da Terra no Eon Fanerozóico

$\Delta^\circ\text{C}$ versus temperatura média de 1960 a 1990

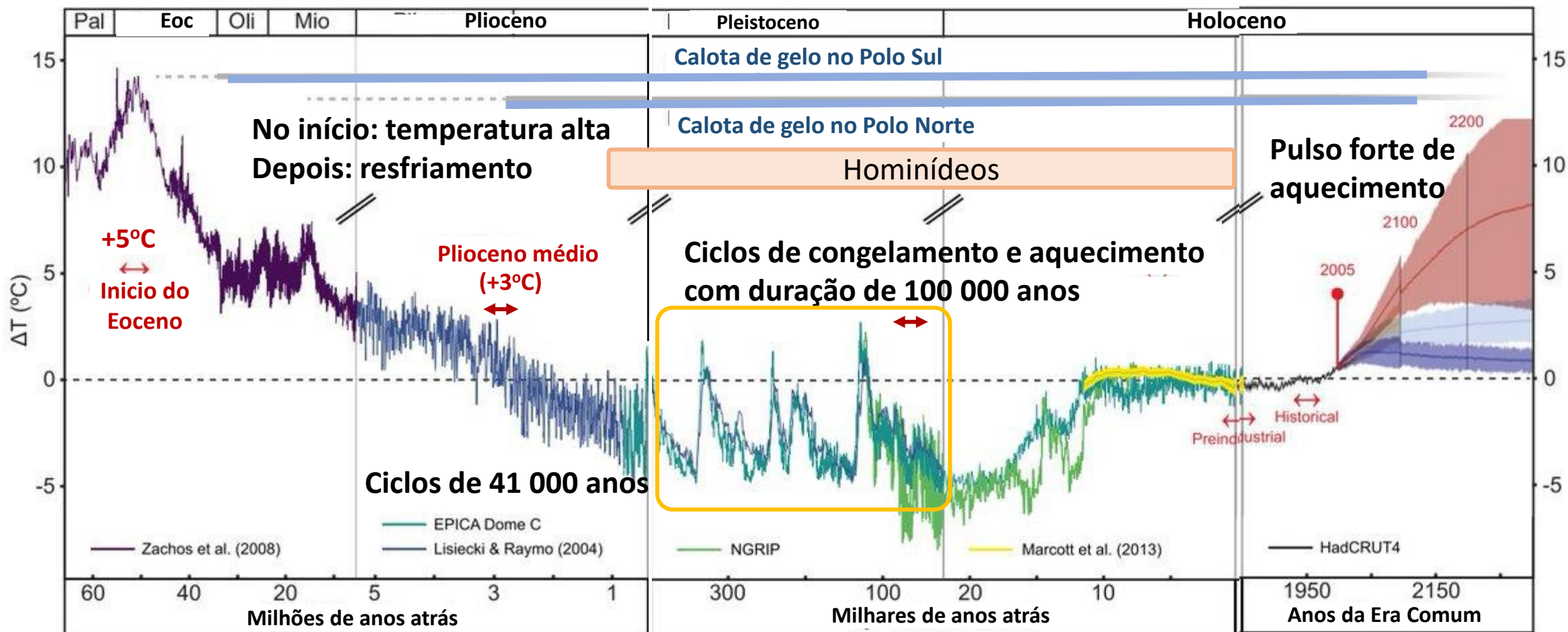
Temperatura média do planeta

$\Delta^\circ\text{C}$ versus temperatura média de 1960 a 1990



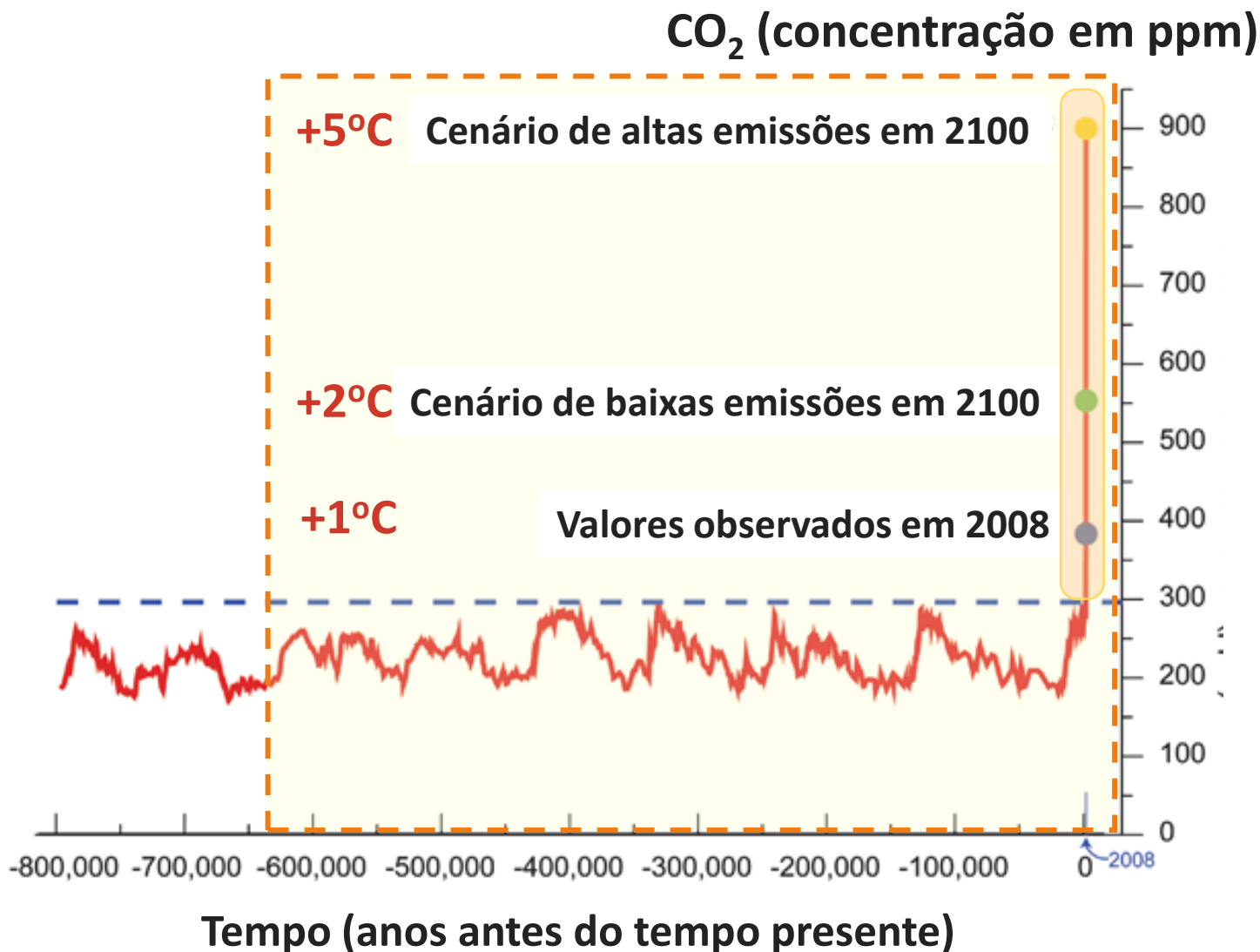
Neste gráfico, as unidades de tempo são diferentes nos 5 períodos mostrados. Analizaremos o período do Cenozoico (bloco em vermelho)

1.000.000 500.000 100.000 anos → 0
Período de existência dos hominídeos na Terra



Evolução da temperatura: (1) resfriamento de 60 ma; (2) ação das forças orbitais, de 41000 e de 100000 anos; (3) regime cíclico no Holoceno; (4) aquecimento projetado. As anomalias na temperatura mostradas são relativas a média global de 1961 a 1990. As tendências consideram 4 tipos de emissão de gases de efeito-estufa. As **setas duplas em vermelho** (\leftrightarrow) indicam **possíveis situações análogas no futuro**. Abreviações: **Pal**, Paleoceno; **Eoc**, Eoceno; **Mio**, Mioceno; **Oli**, Oligoceno.

Concentração de CO₂ muito acima dos valores dos últimos 800 000 anos



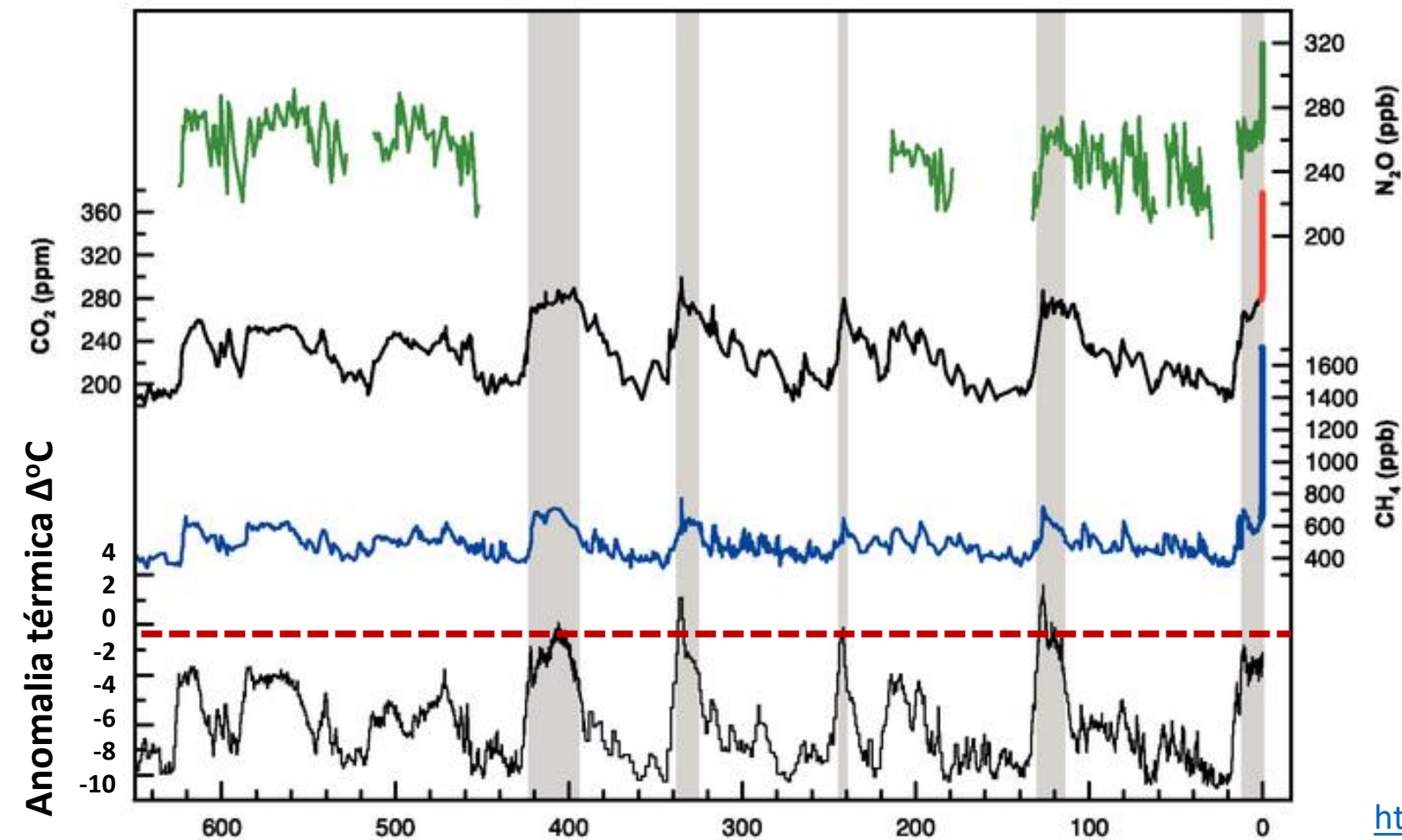
O uso de energia fóssil aumenta o CO₂ na atmosfera e aquece o clima.

Se as emissões de gases de efeito estufa continuarem, em 2100, a temperatura global pode chegar a **5°C** e o mar pode subir **5 metros** acima do nível atual.

Nos piores cenários, a Terra pode atingir a temperatura que existia 3 a 15 maa, um período entre o Mioceno e o Pleistoceno. **Um tempo onde ainda não era possível a vida dos hominídeos.**

Os oceanos inundariam vastas áreas costeiras e grandes cidades, afetando a vida de 500 milhões de pessoas.

Períodos Glaciais-Interglaciais (Dados de amostras de gelo)



As áreas sombreadas indicam os períodos interglaciais (períodos quentes).

O valor médio dos períodos interglaciais está entre 10000 e 15000 anos, aproximadamente.

A duração do interglacial atual está dentro dos valores normais observados nos últimos 650000 anos.

Tempo em milhares de anos atrás (considerando o ano de 2007)

Temperatura (proxy: deutério δD ; preto).

Concentrações de gases com efeito de estufa (de baixo para cima):

CH_4 (azul), CO_2 (preto com destaque vermelho) e óxido nitroso (N_2O ; verde).

Dados: ar aprisionado no gelo antártico e medições atmosféricas.

https://www.co2.earth/images/figures/co2-ghg-ice-core-record_650kyr_ipcc-ar4_2007_720w.jpg

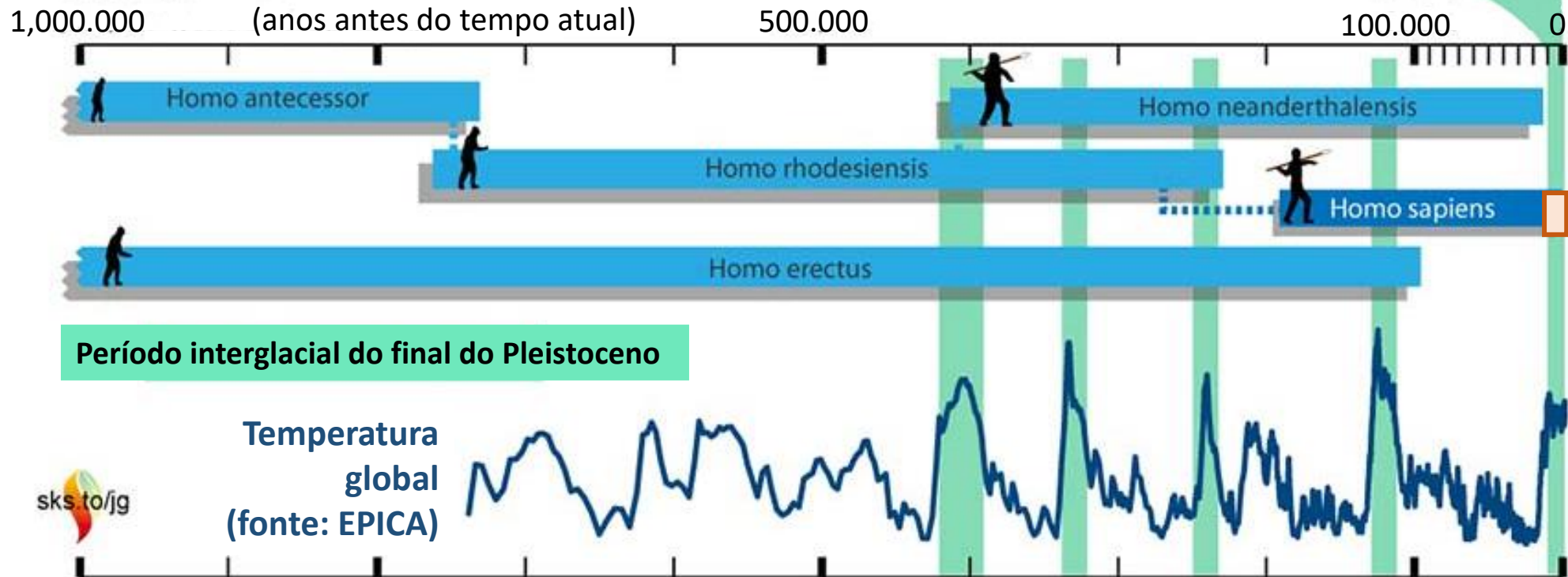
Anos antes do tempo atual



Clima global, Evolução humana e Civilização

<http://www.co2.earth/21-co2-past>

Um milhão de anos de existência dos hominídeos

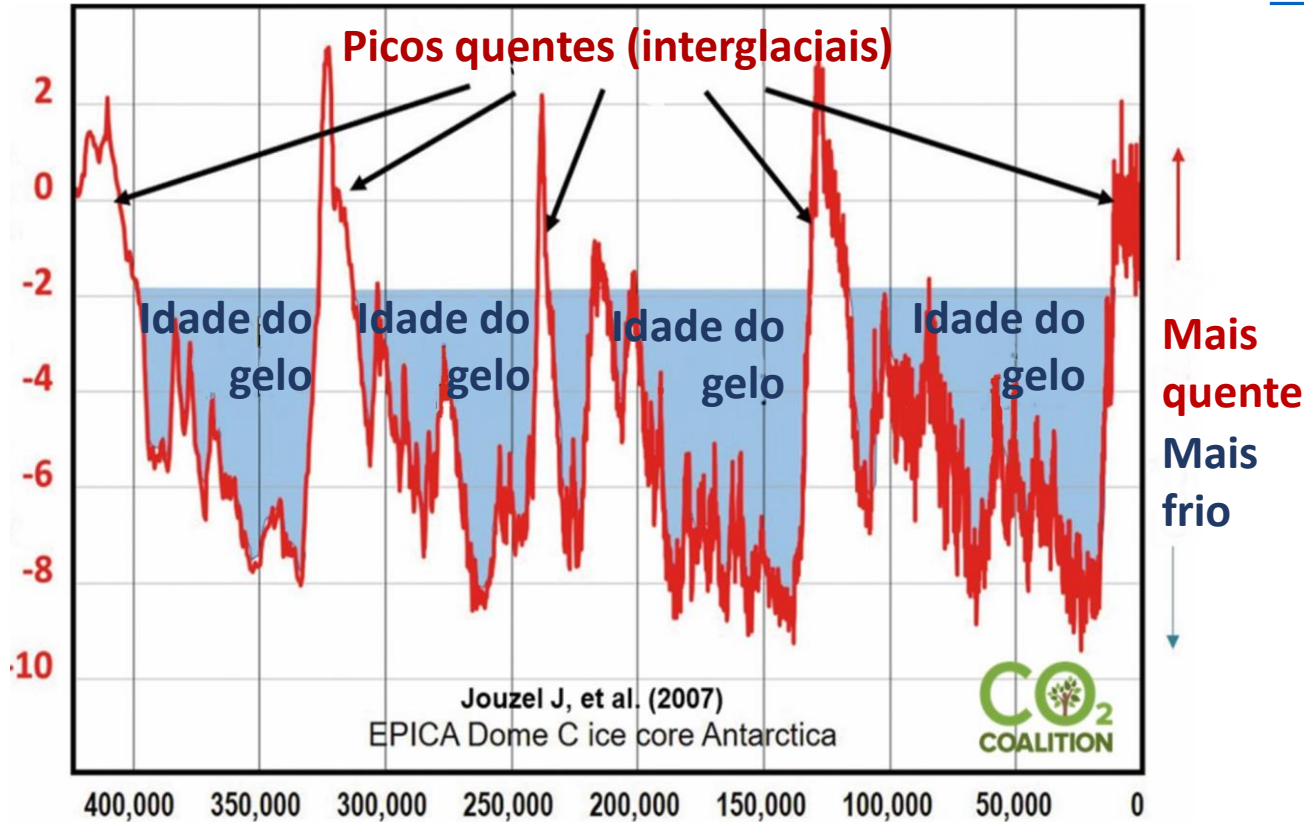


Situação atual
... nunca vista
em toda a
história da Terra!

Períodos glaciais e interglaciais

<https://co2coalition.org/facts/interglaciais-usually-last-10000-15000-years-ours-is-11000-years-old/>

Anomalia
térmica
 ΔT (°C)



Anos transcorridos em relação ao tempo presente (2007)

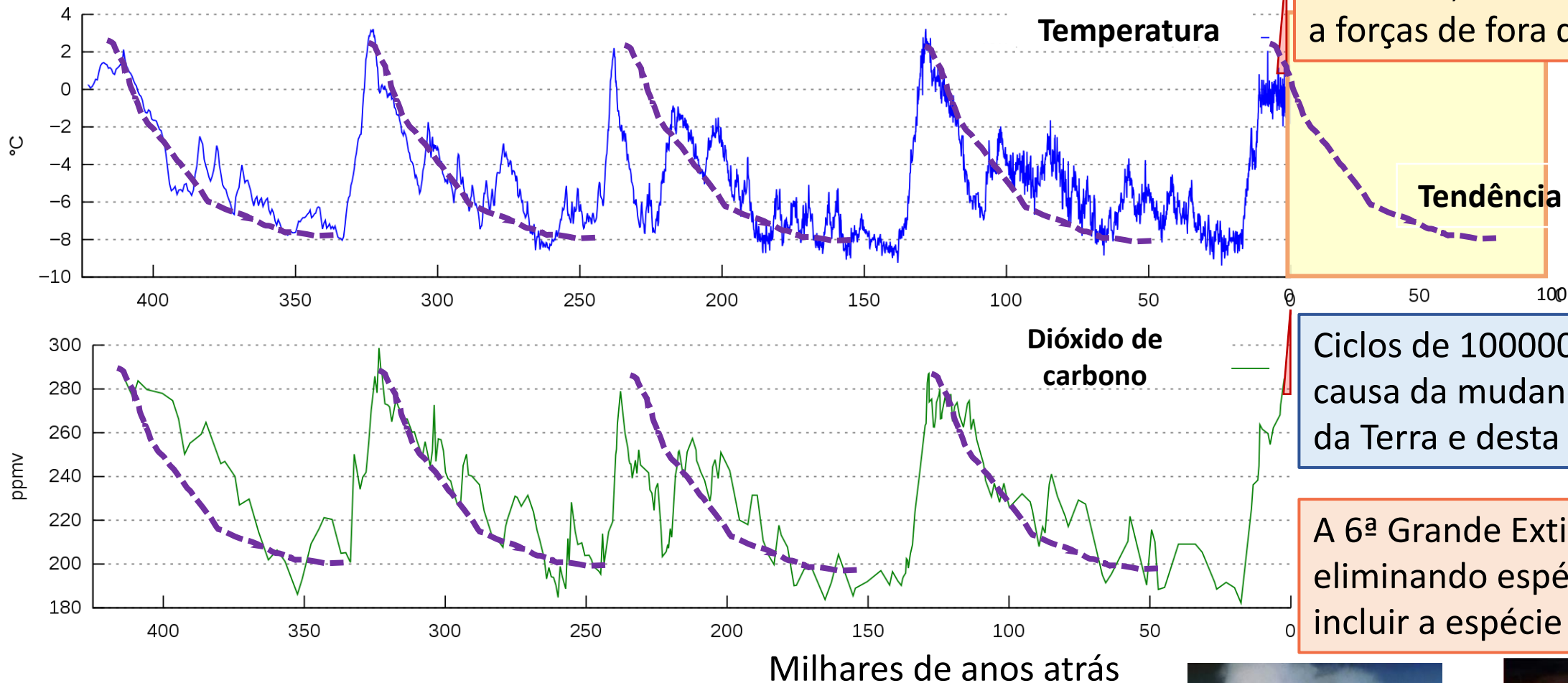
As áreas azul-cinza correspondem a glaciações com baixas temperaturas, entre -2 e -9°C.

CO₂ é um gás de efeito estufa que afeta o equilíbrio térmico da Terra. De acordo com sua concentração, a radiação pode ser retida ou expelida. E o planeta pode ter eras glaciais longas e períodos interglaciais curtos.

O Holoceno já tem 11 500 anos, pode acabar em breve ou até daqui a 3 500 anos. O calor que desfrutamos vai acabar. A nova era glacial trará quebras de safra, fome, migração e perda populacional. A era do gelo vai mudar tudo, nada pode impedi-la.

Alterações climáticas agudas no final do Holoceno

54



Forças atuantes:
Aquecimento, por causas humanas; **Glaciação**, devido a forças de fora da biosfera.

Ciclos de 100000 anos por causa da mudança na órbita da Terra e desta com o Sol

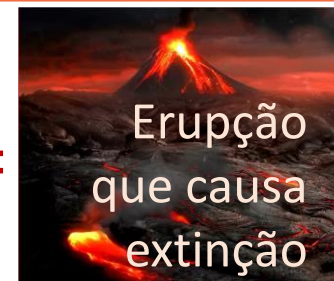
A 6ª Grande Extinção está eliminando espécies e pode incluir a espécie humana

Hipótese de Peter Brannen: No final do Holoceno, a atividade humana é semelhante, em seu impacto, a uma grande erupção, que destrói a biodiversidade. A ciência pode prever o futuro das próximas gerações.



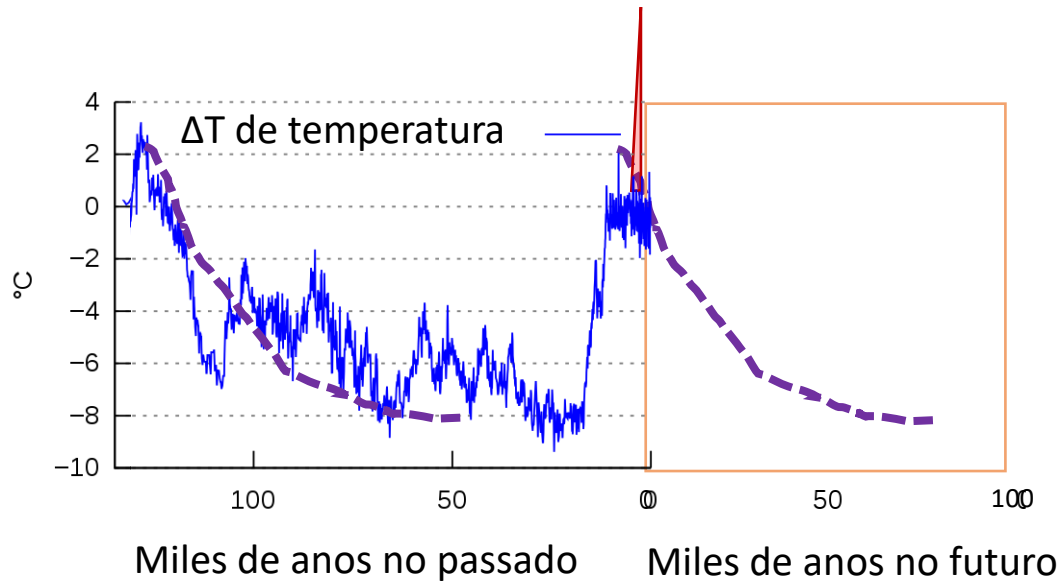
Uso de energia fóssil

=



Erupção que causa extinção

Ao final do holoceno, o futuro mostra uma crise ainda sem solução



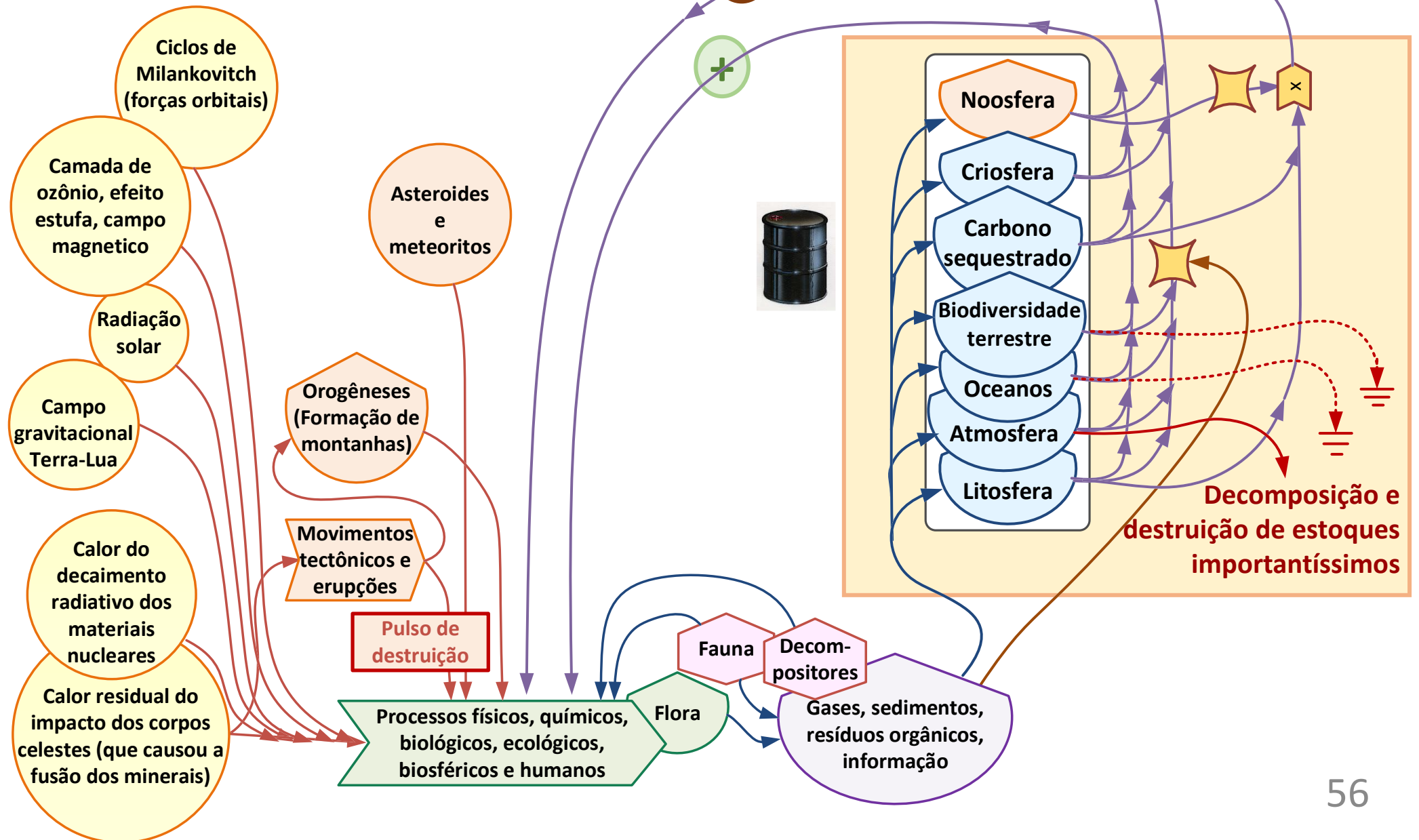
As mudanças climáticas antrópicas afetam a **atmosfera** (aumento do efeito estufa, diminuição do albedo), **aos oceanos** (poluição, eutrofização, falta de oxigênio, acidez, perda de espécies) e **as áreas terrestres** (perda da flora e fauna nativa e das funções ecossistêmicas que regulam o clima e a produtividade natural).

E o **esfriamento global devido aos ciclos de Milankovitch**. As mudanças na rotação da Terra e desta com o Sol afeta a energia solar recebida. Ela diminuirá nos próximos 100 mil anos. Isso afetará a todas as plantas e a todos os animais.

Como se resolverá esta crise? Retomemos a análise do fenômeno catastrófico que ocorre ao final do Holoceno

Forças causais que atuam na Biosfera e a extinção gerada pelos grupos humanos dominantes

A dominação humana global equivale a uma grande erupção



A agricultura pode ser inviável no futuro

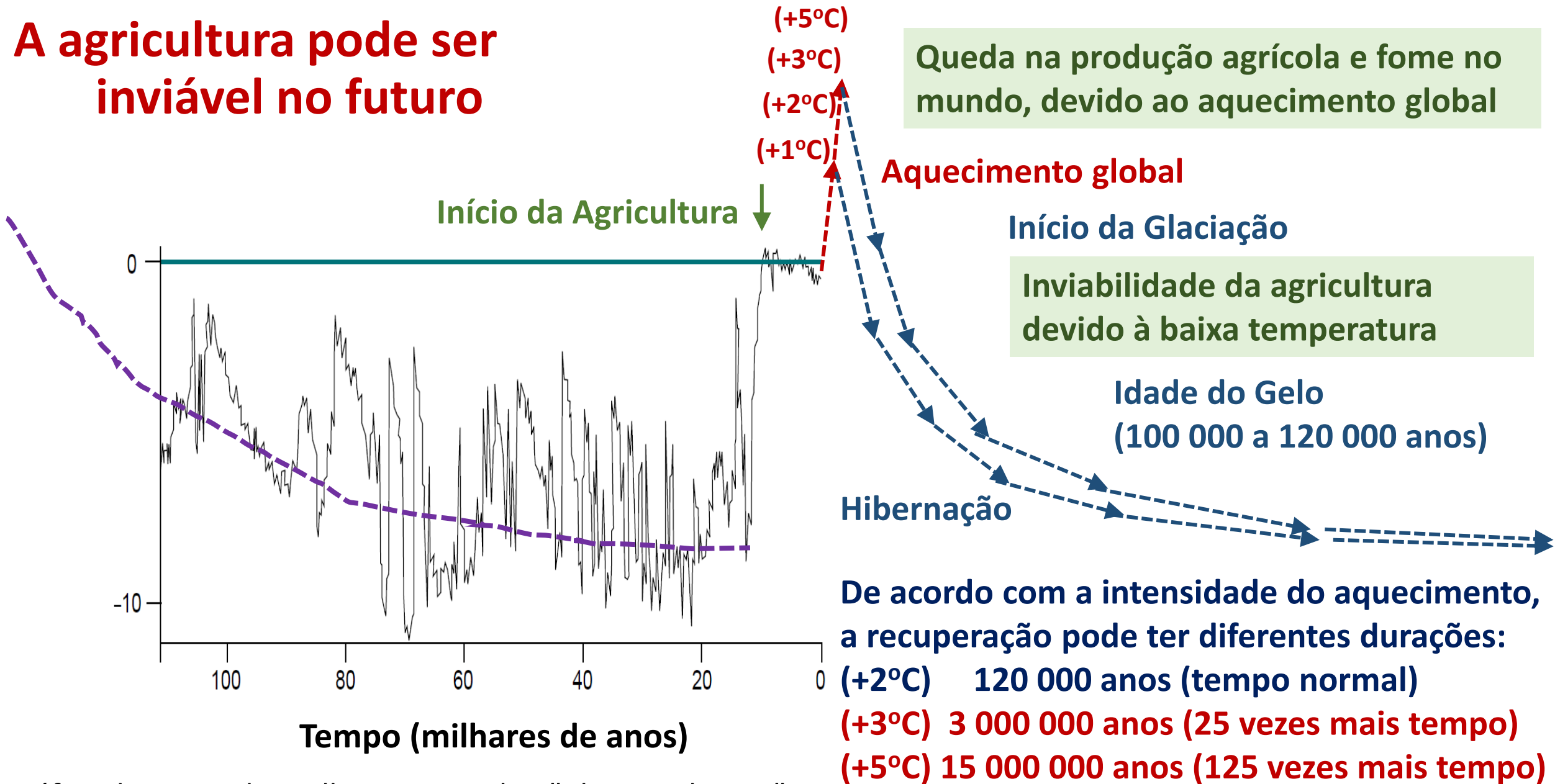


Gráfico do artigo de Wallace S. Broecker "Chaotic Climate" na edição de novembro de 1995 da Scientific American

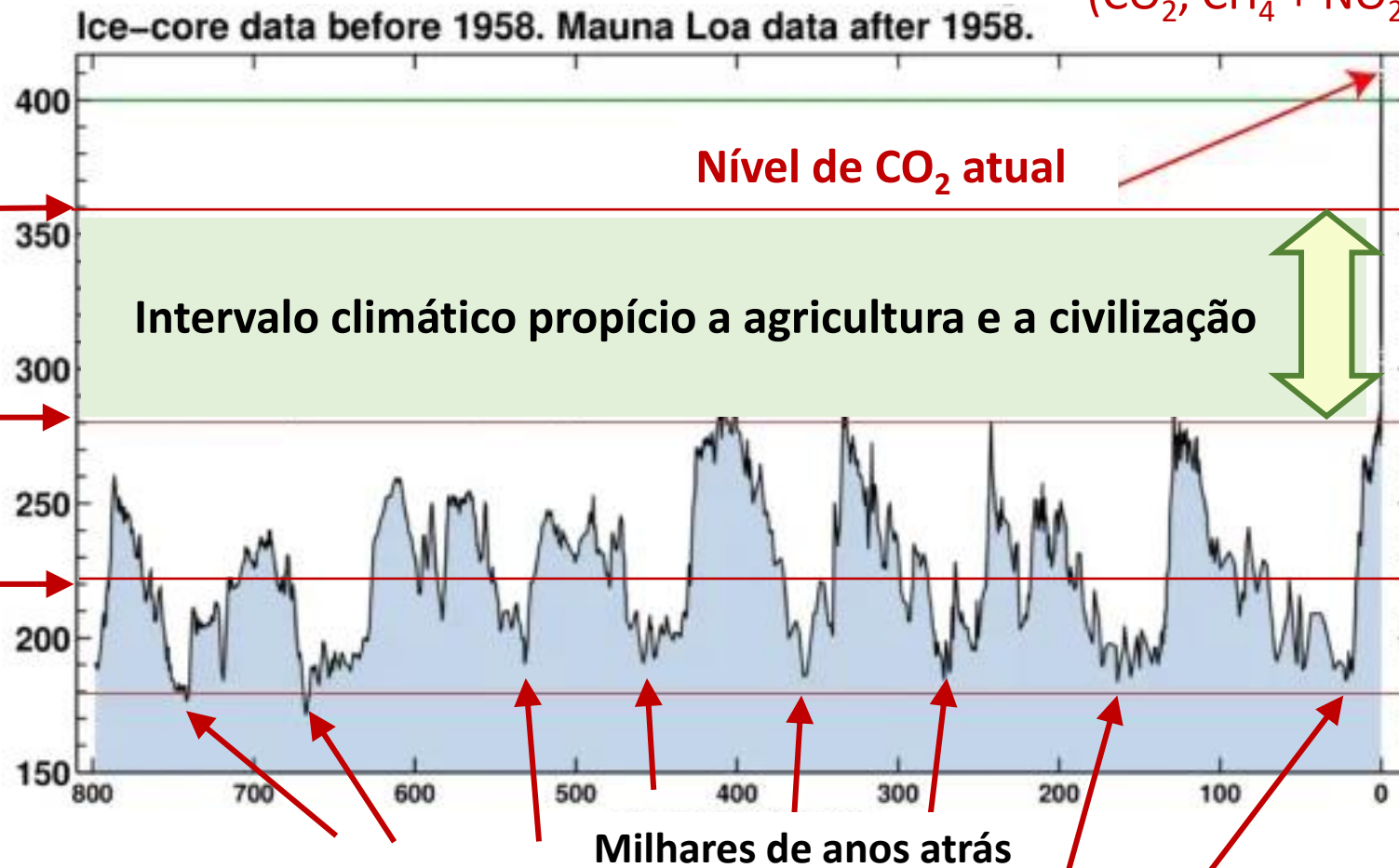
Níveis de CO₂ existentes nos últimos 800.000 anos

Julho de 2022: o CO₂ equivalente (CO₂, CH₄ + NO₂) é **500 ppm**

Colapso da agricultura e da civilização
360 ppm

Época previa a era industrial
280 ppm

Era do gelo (valor comum)
220 ppm



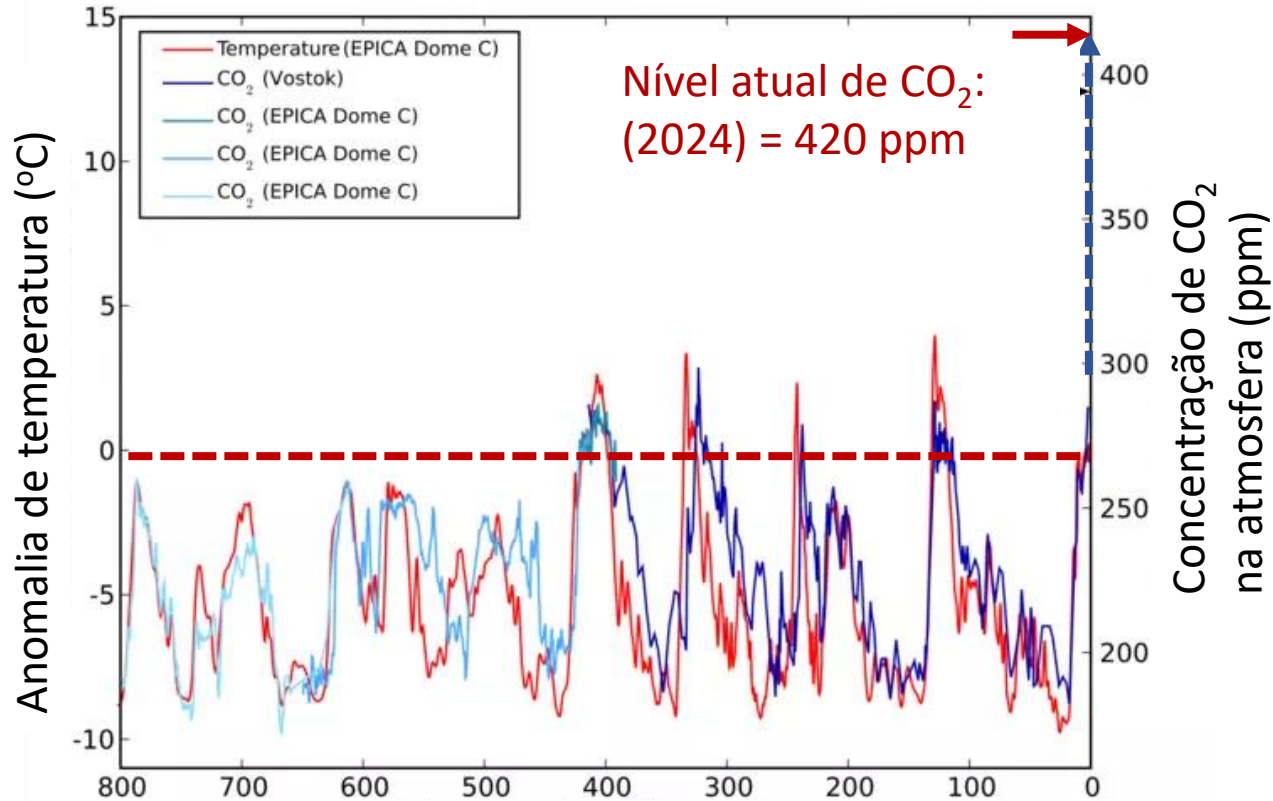
Picos mínimos na era glacial (180 ppm)

<https://timescavengers.blog/climate-change/co2-past-present-future/>

Gráfico adaptado do vídeo de Michael Dowd: [Hopium Dealers Hall of Fame!](#)

Indicadores de que a próxima glaciação, poderá ser fora do comum

Registros de temperatura e CO₂

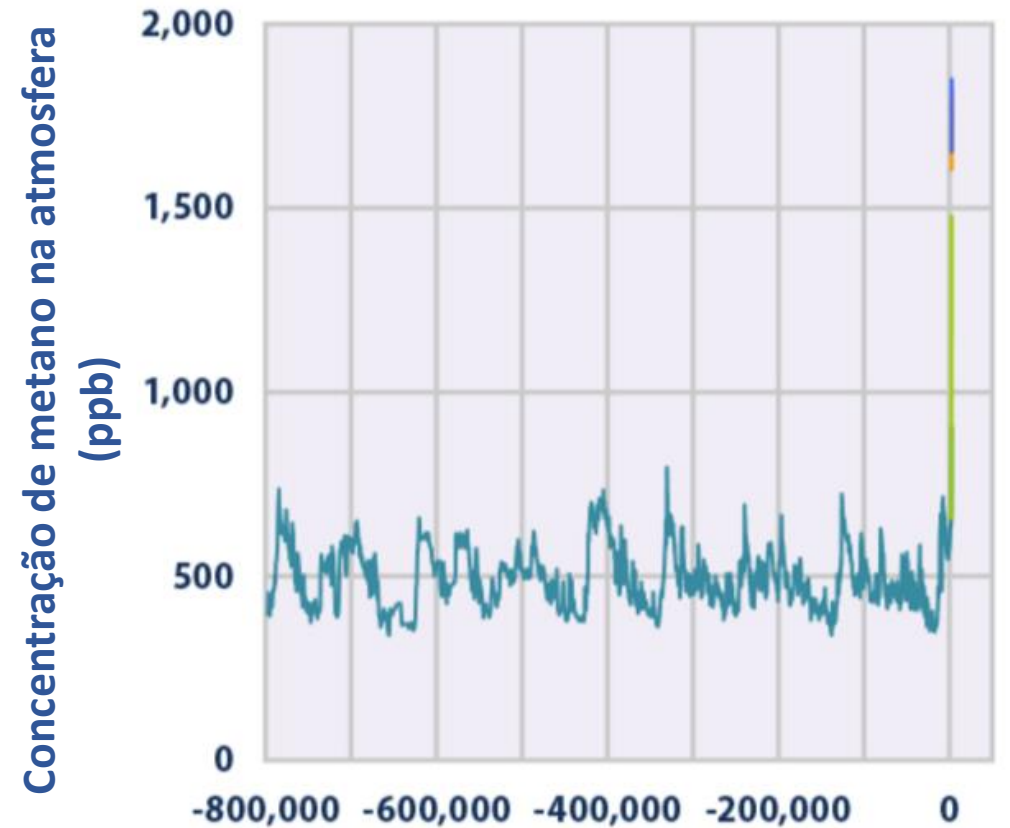


Tempo: milhares de anos atrás

Referência para anomalia de temperatura: 1950 = 0

https://serc.carleton.edu/integrate/teaching_materials/food_supply/student_materials/1168

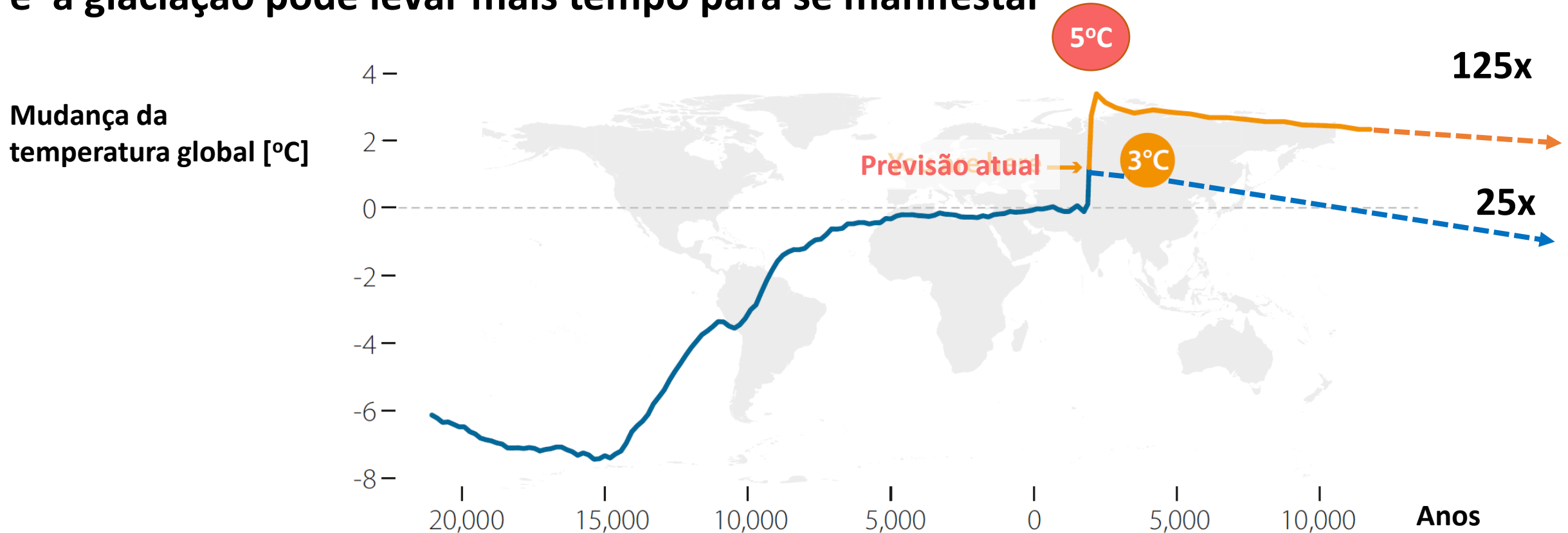
800.000 anos atrás (em 2015 EC)



Tempo: milhares de anos atrás

https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_methane

Por outro lado, se o nível de 3°C for ultrapassado, o aquecimento global será maior e a glaciação pode levar mais tempo para se manifestar



Evolução da temperatura global desde a última era glacial (200 000 anos antes da nossa era) e para os próximos 10 000 anos num cenário com 5 graus de aquecimento global (Dados de Dessler, 2021)

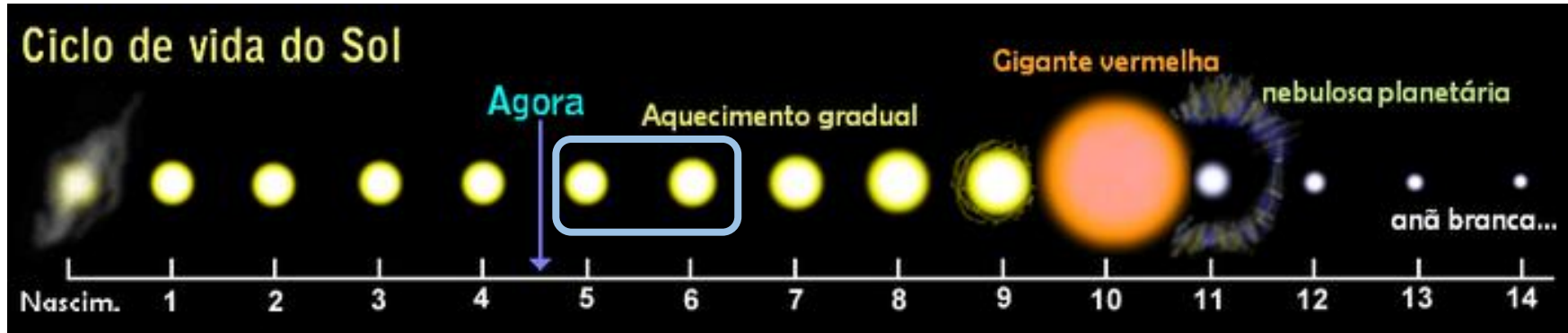
3 Degrees More: The Impending Hot Season and How Nature Can Help Us Prevent It. Klaus Wiegandt (Editor)

© Oekom Verlag 2022. Published by Oekom Verlag. 2022. English edition: © Springer 2024.

ISBN 978-3-031-58144-1 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-58144-1>

A vida restante do Sol e da Terra

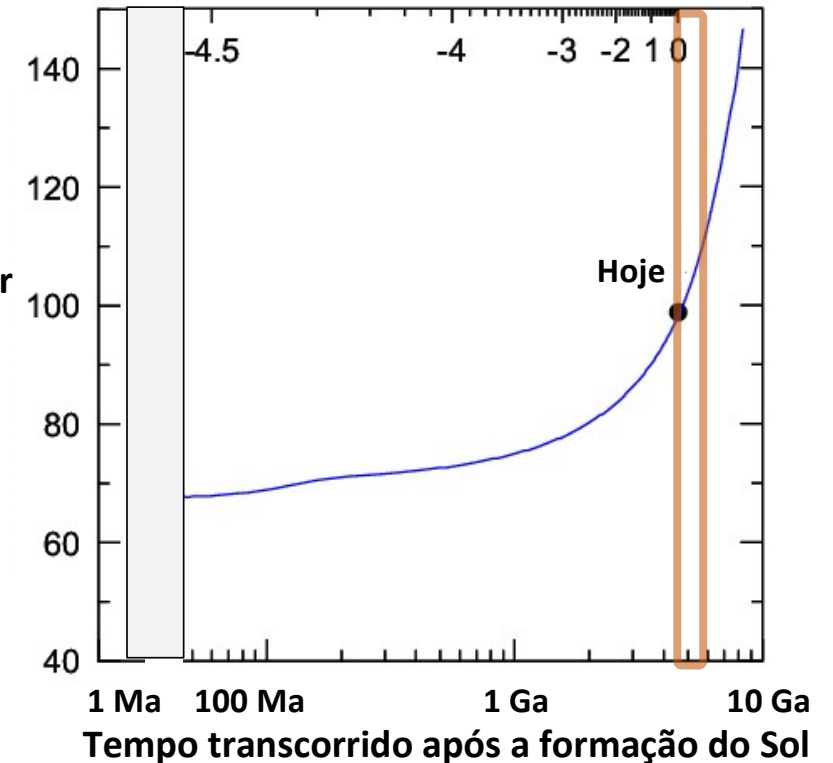
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>



Bilhões de anos (valores aproximados)

Tempo antes do presente (Ga)

Luminosidade solar
[% do valor atual]



Habitability of the early Earth: liquid water under a faint young Sun facilitated by strong tidal heating due to a closer Moon.

René Heller et al. Springer. Open Access, 2021

<https://doi.org/10.1007/s12542-021-00582-7>

Tempo transcorrido desde a formação da Terra

Abreviações usadas:

baa = bilhões de anos atrás

maa = milhões de anos atrás

Tempo remanescente previsto para o Sistema Sol - Terra

1,5 baa

Quiçá, haja outras gerações, mas com modo de vida mais simples

Campo de cuidado:

150-500 maa
(muito tempo)

Super Eon Pré-Cambriano

Eon Hadeano:

4,5 - 4,0 baa

Eon Arqueano:

4,0 - 2,5 baa

Eon Proterozóico:

2,5 baa - 541 maa

89%

Eon Fanerozóico

Era Cenozoica:

66 - 0 maa

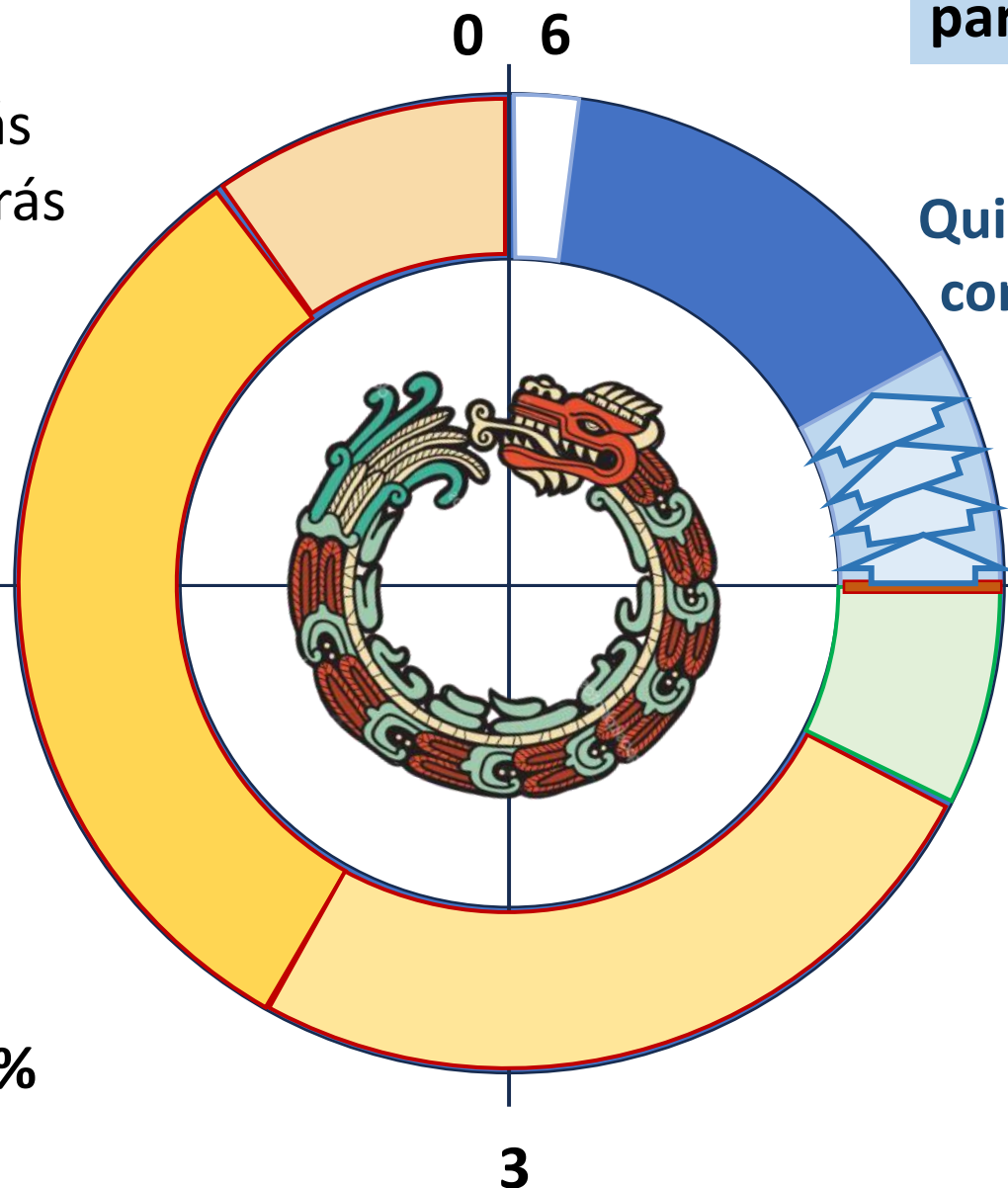
Era Mesozoica:

240 - 66 maa

Era Paleozoica:

541 - 240 maa

11%



Pré-Cambriano (formas simples de vida) → Eon Fanerozóico (vida mais complexa)

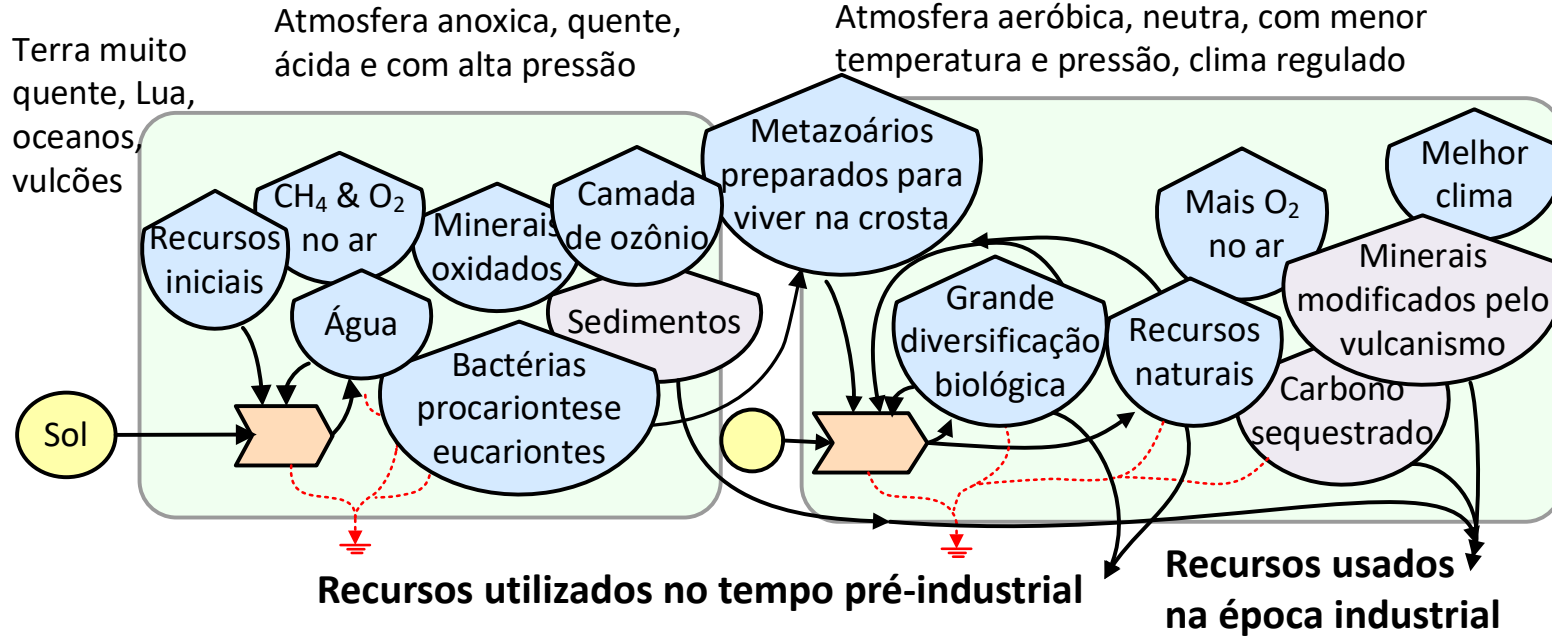
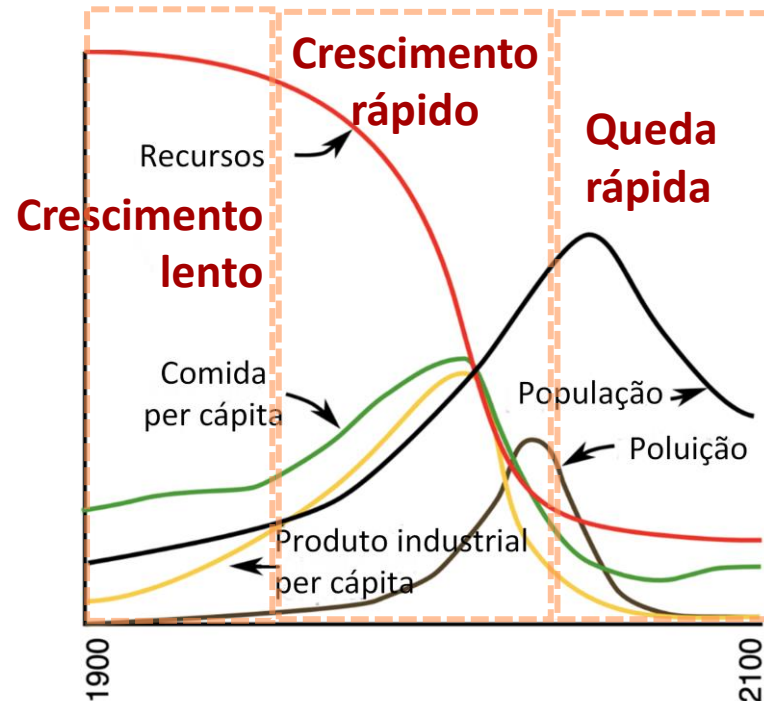


Gráfico padrão do modelo World3

<https://en.wikipedia.org/wiki/World3>



Passado, presente e futuro

World3 é um modelo dinâmico para simular interações entre população, crescimento industrial, produção de alimentos e limites dos ecossistemas. Dennis Meadows e 16 pesquisadores produziram o livro **Os Limites do Crescimento** (1972) para o Clube de Roma.

O livro **Dynamics of Growth in a Finite World** adicionou novos recursos ao modelo World2 de Jay Wright Forrester. O modelo World3 teve pequenos ajustes para chegar ao modelo World3/91 usado no livro **Beyond the Limits**, mais tarde aprimorado no modelo World3/2000 distribuído pelo *Institute for Policy and Social Science Research* e, finalmente, o modelo World3/2004 foi usado no livro **Limits to Growth: the 30 years update**.

Super Eon
Pré-Cambriano

Eon Fanerozóico

Sedimentos

Minerais
modificados

Grande bio-
diversidade

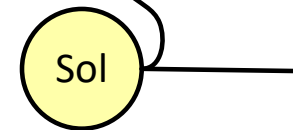
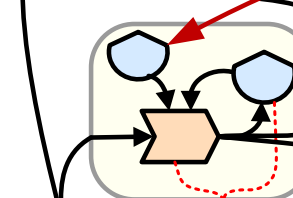
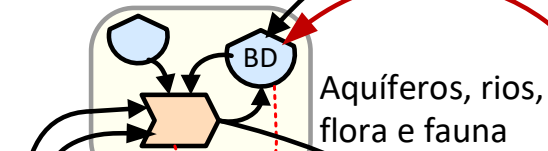
Recursos
naturais

Carbono
sequestrado

Passado, Presente e Futuro

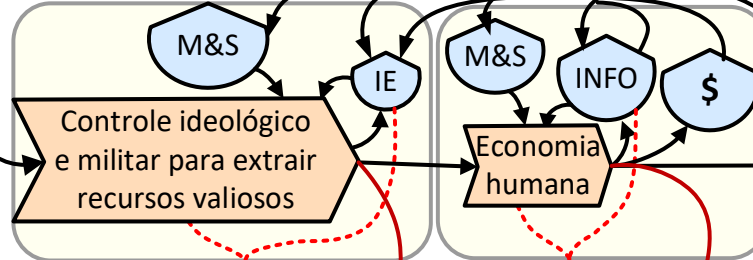
Tempo pré-industrial

Bacia hidrográfica com
biodiversidade preservada
(BD) e solo fértil

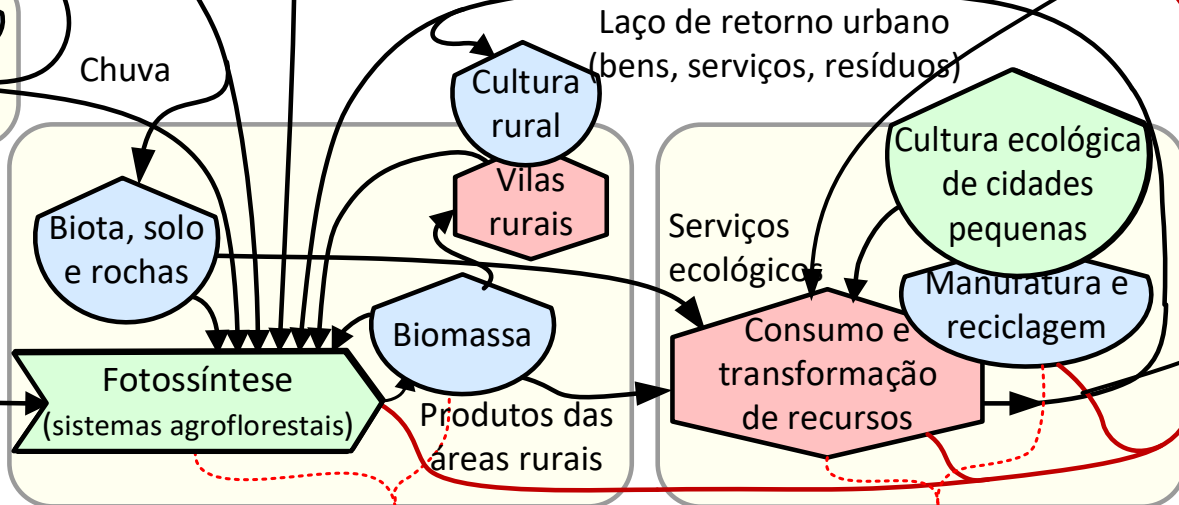


Tempo Industrial

Laço de retorno aos ecossistemas



Laço de retorno urbano
(bens, serviços, resíduos)



Tempo pós-industrial

Uma utopia agroecológica

~~Fim do uso de
combustíveis
fósseis e
minerais~~

IPCC, 2023

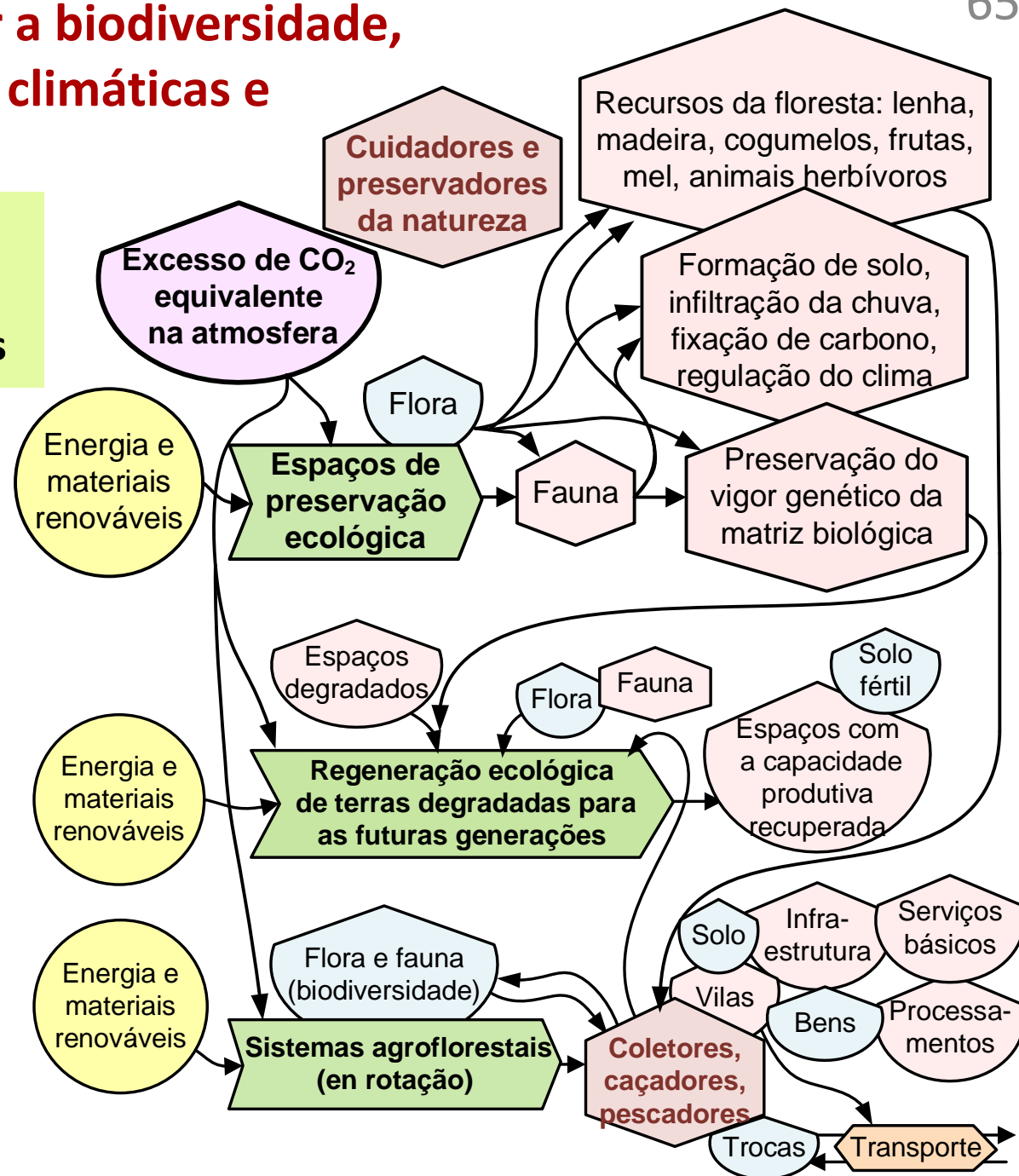
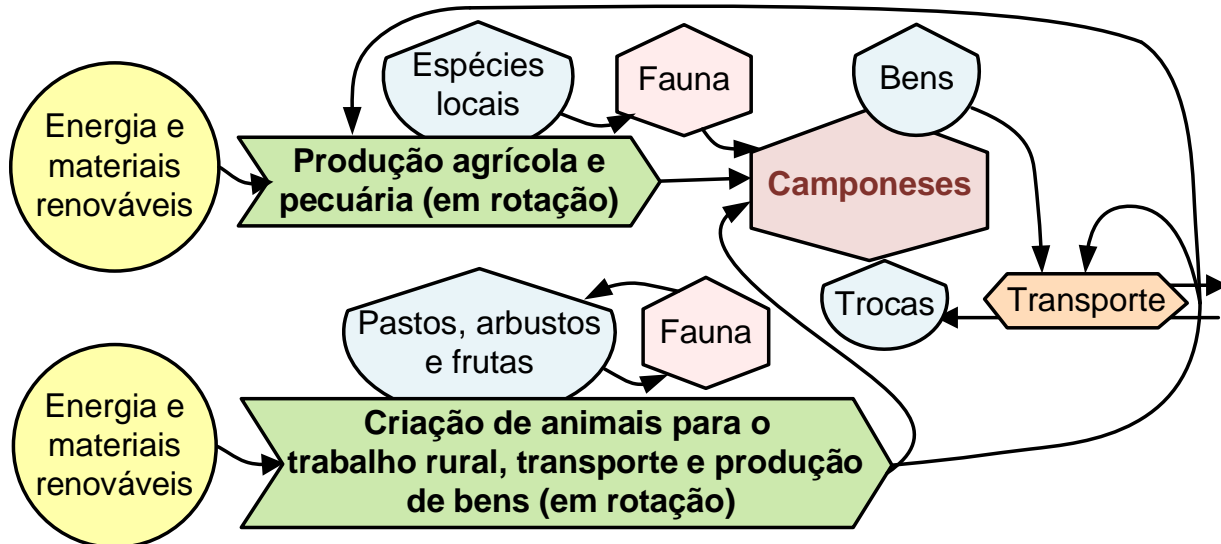
www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition



A plenária da 66ª Assembleia Geral da ONU, em 18 de abril de 2023, deliberou: **Promover a Economia Solidária para ter Desenvolvimento Sustentável** (A/77/L.60) Visando alcançar e localizar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Sistemas ecológicos integrados para preservar a biodiversidade, cuidar da mitigação e adaptação às mudanças climáticas e sustentar grandes grupos humanos

- Preservação da matriz genética do ecossistema
- Captura de CO₂ e reciclagem de nutrientes
- Recuperação da biodiversidade em áreas degradadas
- Sistemas agroflorestais para produção renovável de alimentos, água e energia (rotação plurianual)
- Sistemas ecológicos diversificados de produção agrícola e pecuária em rotação anual



Considerações finais

Impactos e recuperação no Holoceno

Danos no ambiente:

1. **Uso predatório dos ecossistemas;**
2. **Perda da biodiversidade e das funções ecossistêmicas de regulação biosférica;**
3. **Abandono dos espaços degradados (migrações);**
4. Mobilização de estoques de carbono sequestrado em tempos imemoriais;
5. Extração massiva de minerais cuja transformação gera produtos tóxicos;
6. Crescimento da população no espaço urbano;
7. Poluição da água dos lenções freáticos, dos rios e do mar;
8. **Excesso de crédito, de consumo e distribuição injusta da riqueza;**
9. **Ignora-se o trabalho da natureza.**

Serviços de regeneração:

1. **Mudar o modo de viver e pensar, aprender a conviver com outras culturas e formas de vida;**
2. Estudar o funcionamento dos ecossistemas e da biosfera para gerar políticas públicas adequadas para a recuperação da biodiversidade e de suas funções ecossistêmicas;
3. Políticas globais para deixar de usar energia fóssil e imobilizar CO₂ e outros gases de efeito estufa;
4. Proposição de outras formas de organização da vida social que permitam reciclar minerais;
5. Reocupação do campo com novos modelos de convívio sustentável;
6. Decrescimento urbano e migração ao campo;
7. Acesso aos recursos comuns da humanidade.

Regeneração dos ecossistemas atuais: ideias preliminares

Perda da resiliência (-)

- 1. Diminuição da vegetação nativa no planeta;**
2. Perda de espécies-chave para o ecossistema;
3. Perda da cultura capaz de cuidar da natureza;
- 4. Educação com visão fragmentária que privilegia o lucro econômico;**
- 5. Crescimento da economia usando energia fóssil e minerais sem pagar seu valor real;**
6. Uma economia que não assume os impactos negativos que gera no meio ambiente e na sociedade.

Recuperação da resiliência (+)

- 1. Políticas públicas e comunitárias para aumentar a área de vegetação nativa;**
2. Reinserção de espécies críticas para restaurar a homeostase;
- 3. Educação com visão de sistemas integrados e solidários;**
- 4. Comunidades resilientes e sustentáveis;**
5. Quantificar o trabalho dos ecossistemas incluído nos recursos e serviços naturais;
6. Avaliação de externalidades negativas para incorporá-las aos custos.

Mudança de perspectiva filosófica:

Holoceno

1. **Eu sou, os outros não.**
2. **Eu tenho direitos, os outros não.**
3. **Portanto, posso dominar suas terras.**
4. Minha ideologia exige a conquista de outros povos e de seus territórios.
5. Eu mato e eu roubo, ... sem remorso.
6. Eu uso o conhecimento... no genocídio.
7. Meu modo de pensar é o único válido, e outros devem se submeter a ele.
8. Minha fé está no controle do mercado.
9. Uso uma ciência fragmentada que não representa corretamente a realidade.

Ecoceno (?)

1. **Nós somos ... e os outros também.**
2. **Eu sou parte do todo, os outros também.**
3. **É preciso cuidar dos "comuns".**
4. Minha ideologia respeita os direitos dos outros e de seus territórios.
5. Colaboro para o bem comum.
6. Recupero os cuidados ecológicos.
7. Minha maneira de sentir e pensar é apenas uma entre outras.
8. A biosfera exige cuidado e prudência.
9. Ciência da integração homens-natureza.

Mudança nas instituições sociais:

Final do Holoceno

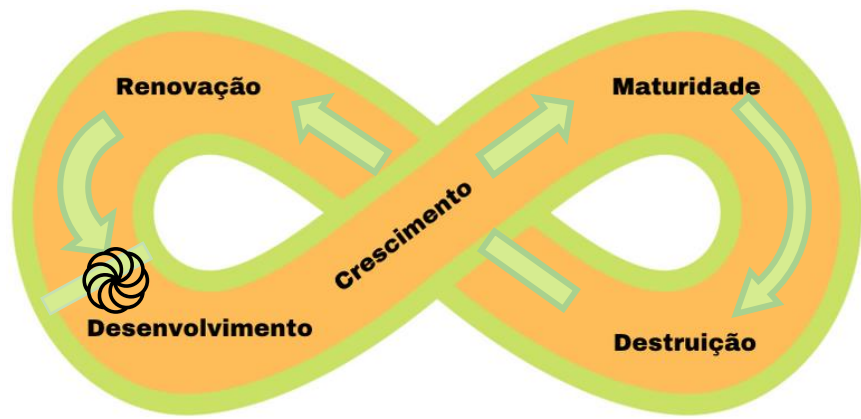
1. **Projeto de dominação das elites de poder da Europa, no final da Idade Média, para obter recursos valiosos. Ainda em vigor!**
2. Construção de canhões, navios e bugigangas para abrir portos e assentar europeus.
3. Apropriação do saber dos novos territórios, modos de reprodução e uso dos recursos locais.
4. Conversão religiosa do povo local. Uso da Inquisição. Manter oculto o genocídio, a exploração da população local e o tráfico de escravos.
5. Roubar os recursos minerais do povo local.
6. **Criar instituições nas áreas conquistadas para atender os interesses das economias centrais.**

Ecoceno (?)

1. **Diálogo mundial e local sobre como recuperar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos para enfrentar o caos climático.**
2. **Criação coletiva de um projeto social inclusivo que vise outra forma de organização social e de interação entre os povos e a natureza para cuidar do bem comum.**
3. Criar objetivos globais e regionais, metas, estratégias e políticas de reestruturação.
4. **Reflexão sobre a função das instituições ao longo da história e sobre a função delas na transição e na homeostase.**
5. **Resgatar os princípios de operação das sociedades sustentáveis remanescentes.**

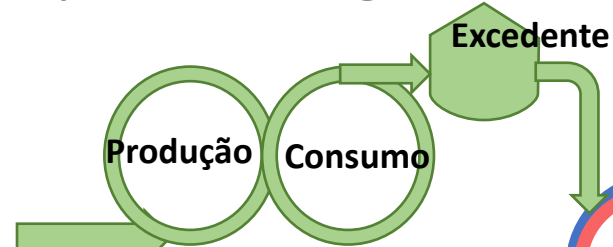
Seis ideias para os grupos que desejem interatuar

1. Estudar a geopolítica das grandes corporações e dos países vinculados a elas que visa o saqueio do petróleo e minerais estratégicos.
2. Acompanhar as mudanças climáticas e a organização social que a enfrenta.
3. Qual é a Ética Política adequada a transição global?
4. Como mudar as atitudes das entidades que exploram a boa-fé das pessoas para ganhar poder político e econômico?
5. Como mudar a inércia dos costumes e dos modos de vida imperantes?
6. Como criar espaços de diálogo com o povo para analisar os problemas globais, regionais e locais que estão emergindo e que são urgentes.
7. Como criar um projeto alternativo de caráter geral, inclusivo e ecológico?

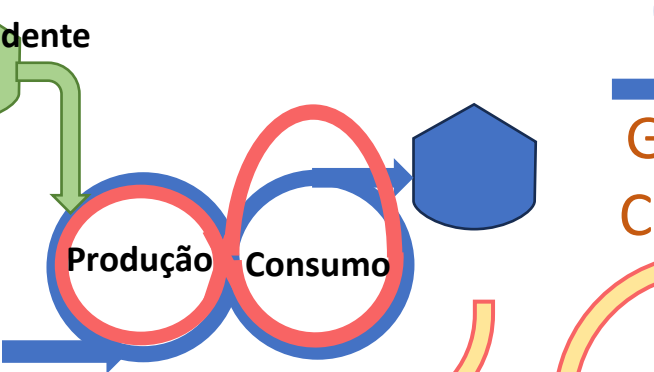


Ciclo adaptativo

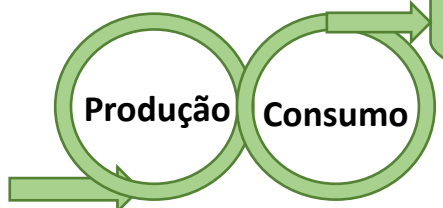
Suporte ecológico



Sociedades predadoras dos recursos naturais



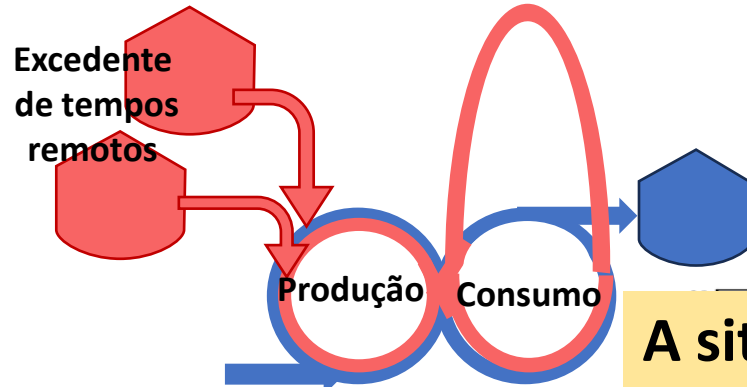
Suporte ecológico



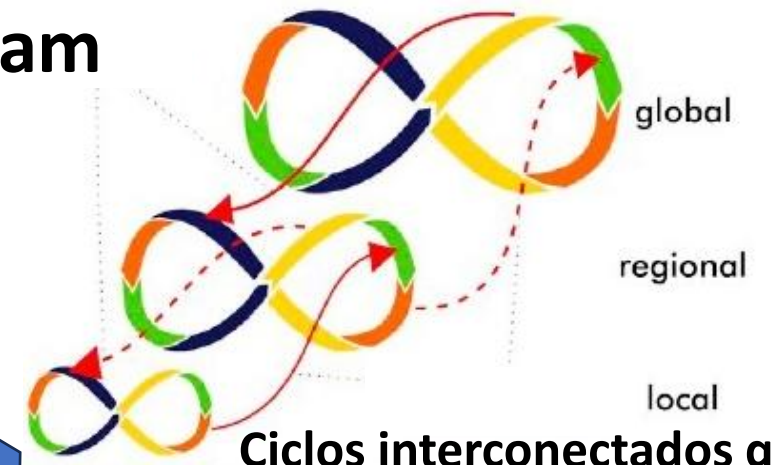
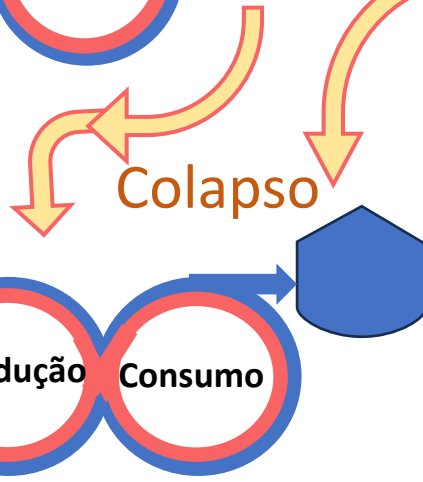
Sociedades em equilíbrio ecológico

Sistemas que se acoplam

Sociedades destrutivas que usam recursos não renováveis



Grande Colapso



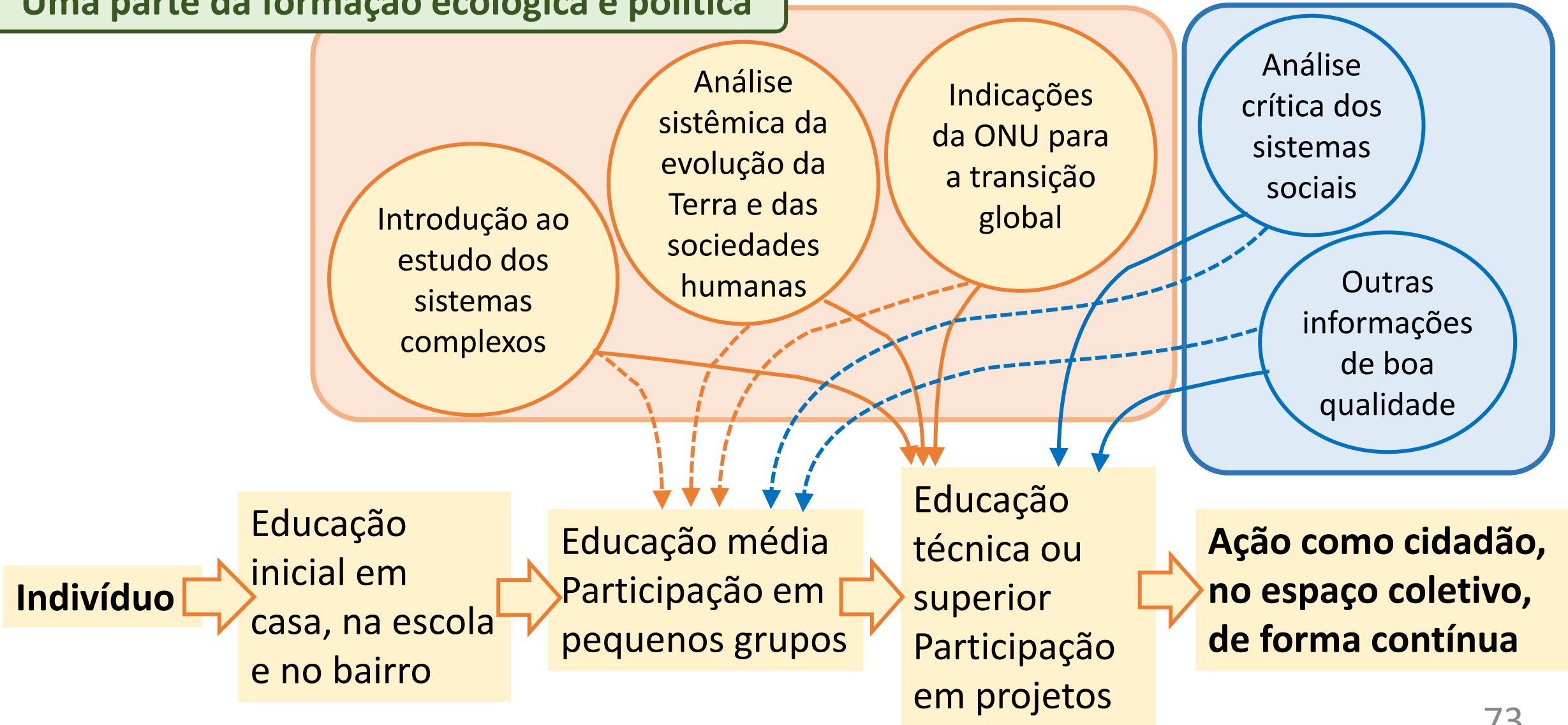
Ciclos interconectados que crescem e retrocedem

A situação exige:

1. Novas formas de pensar e atuar para recuperar a biodiversidade e os serviços de regulação climática que ela fornece;
2. Imaginar novas formas de viver;
3. Criar comunidades democráticas, autossuficientes, sustentáveis e articuladas em rede;
4. Relocalização da população.

Ao chegar ao final, vamos lembrar do objetivo desta apresentação:

Uma parte da formação ecológica e política





Boa sorte!

Dr. Enrique Ortega,
Professor aposentado, FEA/Unicamp
ortegaunicamp@gmail.com

USP-FFLCH, 20 de junho de 2024