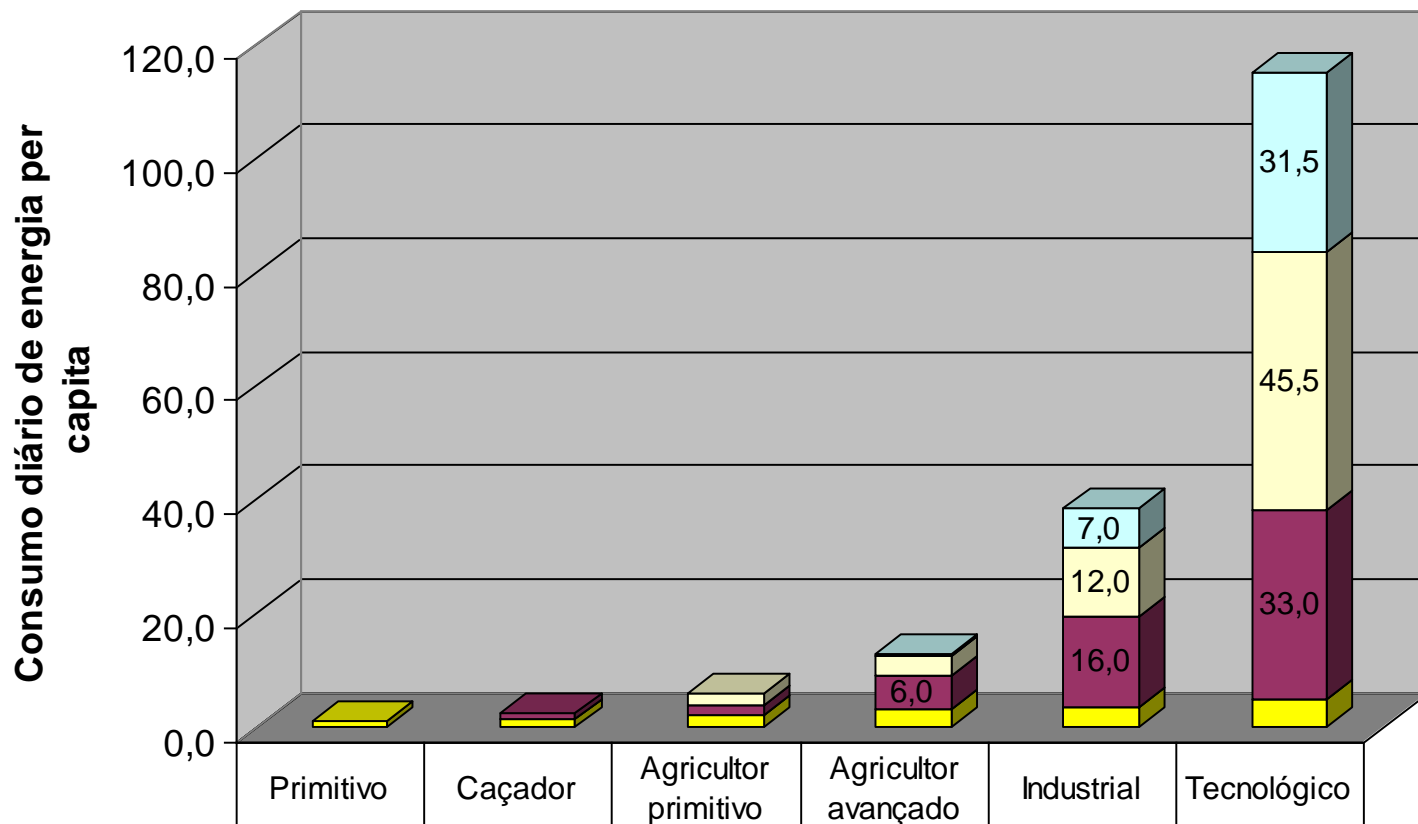


Sustentabilidade Energética

(Ano lectivo 2017/18 – Evolução histórica da utilização de energia)

Jorge Maia Alves

Na apresentação do curso mostrei-vos este gráfico:



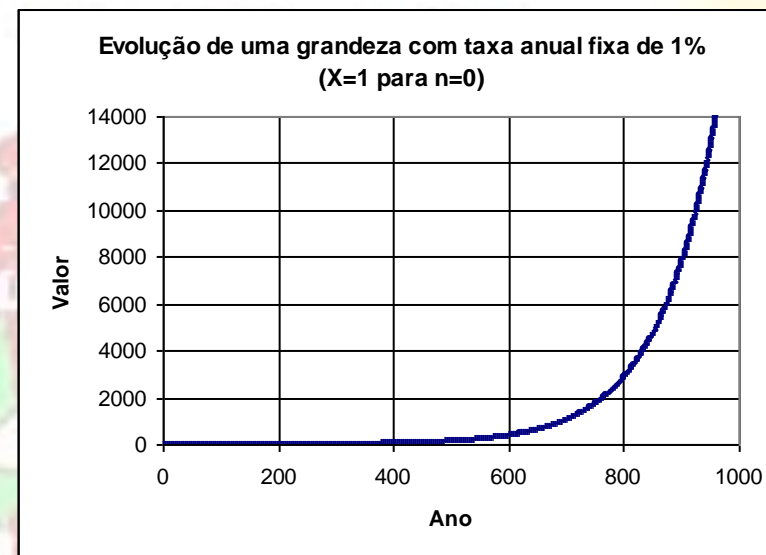
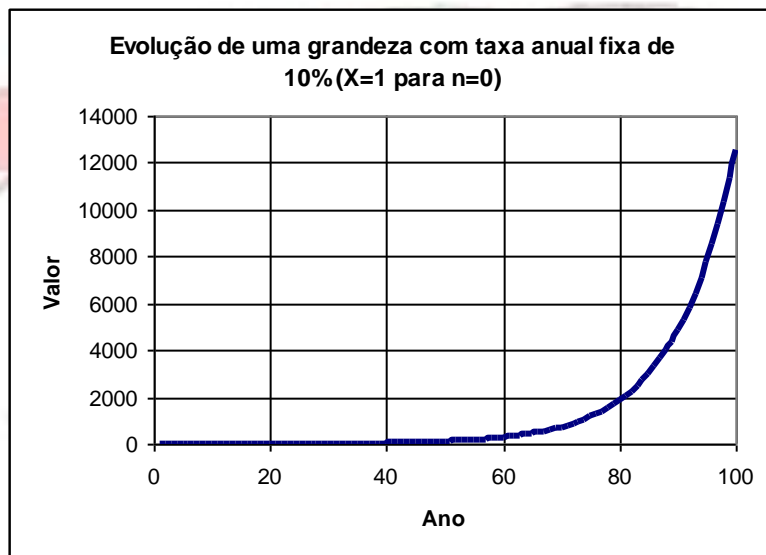
Transportes				0,5	7,0	31,5
Indústria e Agricultura			2,0	3,5	12,0	45,5
Casa e comércio						
Alimentação	1,0					

como se chega a uma curva deste tipo?

Suponhamos que uma grandeza qualquer aumenta a uma taxa anual constante de $t\%$. O que é que isto significa?

Ano	Valor
0	x
1	$x + \frac{t}{100} x = x \left(1 + \frac{t}{100} \right)$
2	$x \left(1 + \frac{t}{100} \right) + \frac{t}{100} \left[x \left(1 + \frac{t}{100} \right) \right] = x \left(1 + \frac{t}{100} \right)^2$
...	...
n	$x \left(1 + \frac{t}{100} \right)^n$

Vejam os dois exemplos:

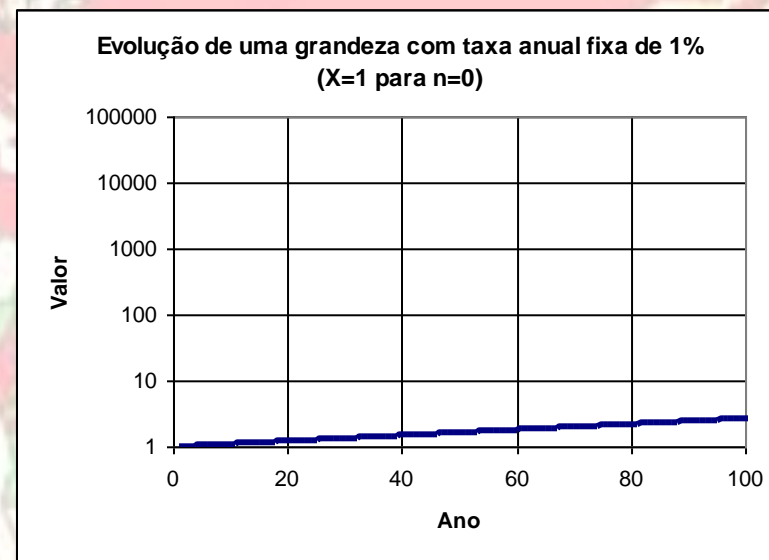


seja qual for a taxa anual de crescimento, a forma é semelhante (e preocupante!)

durante algum tempo parece que não se passa nada...

e a partir de certa altura parece incontrollável!

Prever o futuro num cenário destes é muito simples se utilizarmos uma escala logaritmica no eixo vertical:



é claro que o coeficiente angular da recta depende da taxa de crescimento anual

Pergunta: se uma grandeza aumentar a uma taxa anual fixa t , quanto tempo demora a duplicação do seu valor?

se eu partir de x , quanto tempo levo a chegar a $2x$?

ou seja, qual é o valor de n que satisfaz a equação:

$$x \left(1 + \frac{t}{100} \right)^n = 2x$$

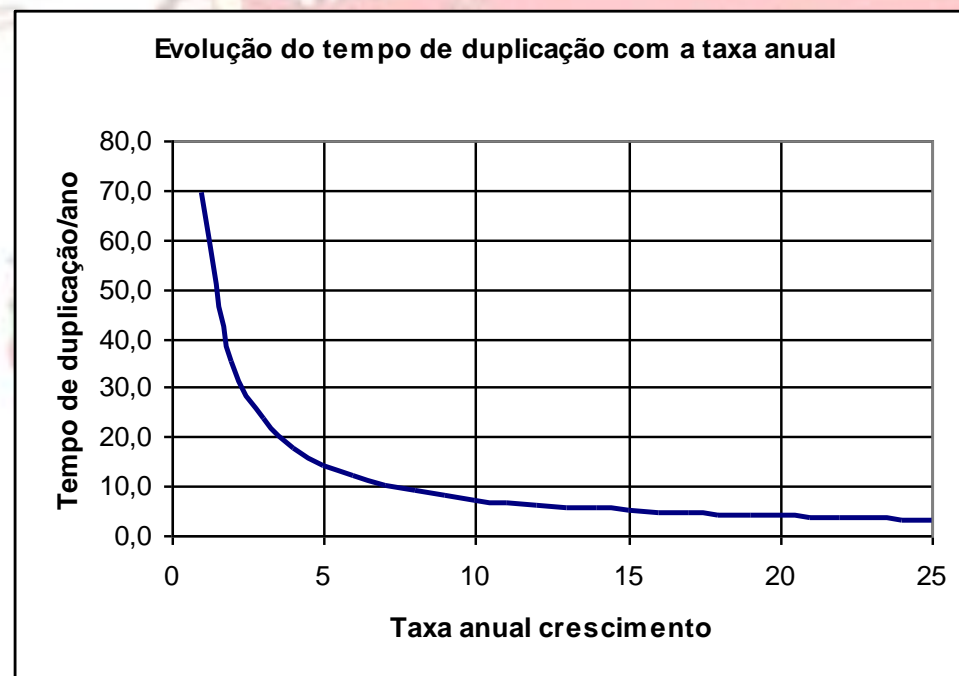
Pergunta: se uma grandeza aumentar a uma taxa anual fixa t , quanto tempo demora a duplicação do seu valor?

$$\left(1 + \frac{t}{100}\right)^n = 2 \Rightarrow n \ln\left(1 + \frac{t}{100}\right) = \ln 2 \Rightarrow$$

$$n = \frac{\ln 2}{\ln\left(1 + \frac{t}{100}\right)} \approx \frac{70}{t}$$

Pergunta: se uma grandeza aumentar a uma taxa anual fixa t , quanto tempo demora a duplicação do seu valor?

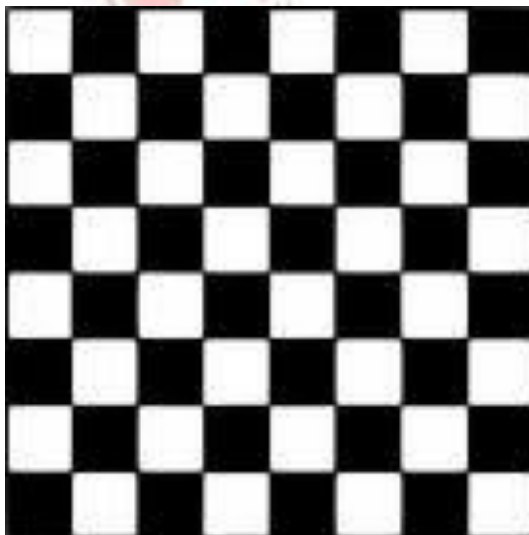
Taxa	Tempo de duplicação/anos
1	69,7
2	35,0
3	23,4
4	17,7
5	14,2
6	11,9
7	10,2
8	9,0
9	8,0
10	7,3



mesmo com uma taxa de 1% o tempo de duplicação é inferior à nossa esperança de vida actual...

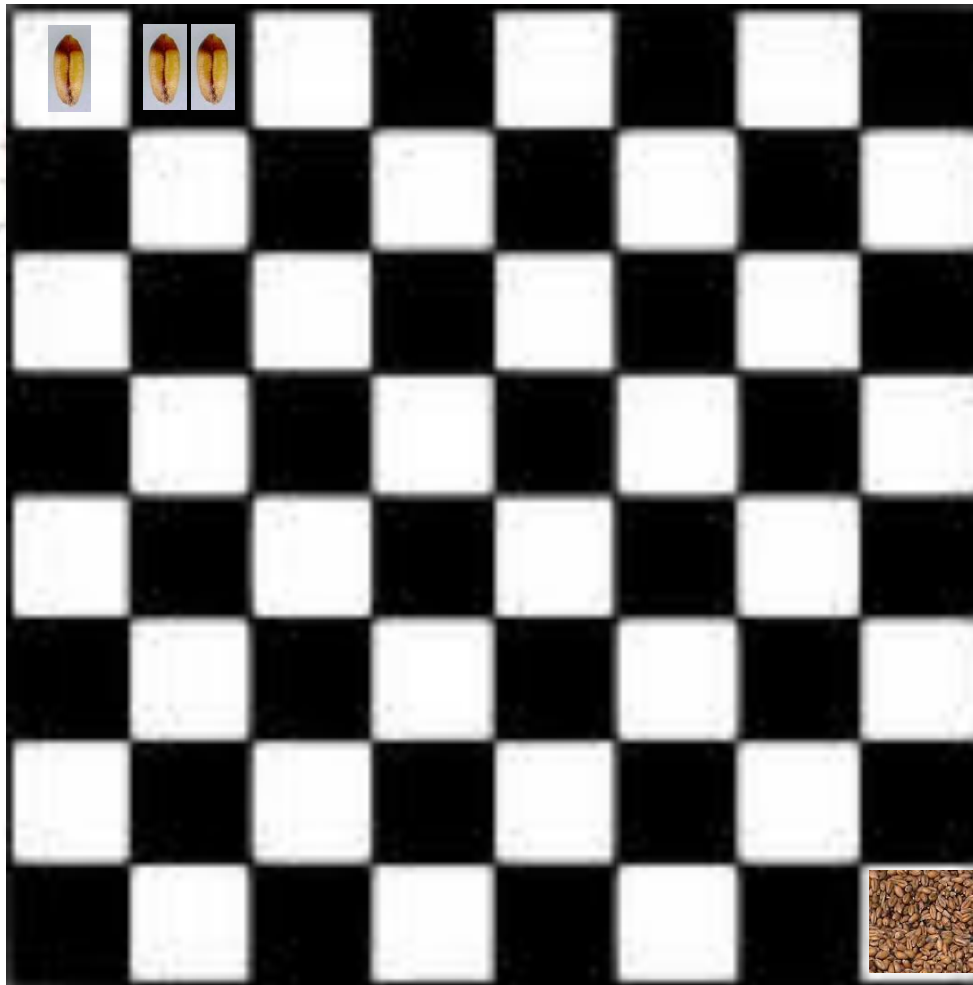
Ainda pior do que parece à primeira vista:

Duplicar não significa aumentar sempre o mesmo em termos absolutos: significa aumentar cada vez mais!



a este propósito é interessante lembrar a lenda sobre grãos de trigo associada à criação do jogo de xadrez...

Ainda pior do que parece à primeira vista:



um grão na primeira casa, dois na segunda, e assim sucessivamente

Os grãos que estiverem na última casa serão a minha recompensa...

Quantos grãos vão estar na última casa?

Casa	Nº de grãos
1	$1=2^0$
2	$2=2^1$
3	$4=2^2$
4	$8=2^3$
(...)	(...)
64	2^{63}

quanto trigo é 2^{63}
grãos?

Como 1 grão tem em média
30mg, estamos a falar de
qualquer coisa como:

$$2^{63} \times 3 \times 10^{-8} \text{ toneladas} =$$

$$2,8 \times 10^{11} \text{ toneladas}$$

Cerca de 460 vezes a produção mundial anual actualmente (~ 604 milhões de toneladas em 2008)

É importante perceber que:

Casa	Nº de grãos
1	$1=2^0$
2	$2=2^1$
3	$4=2^2$
4	$8=2^3$
(...)	(...)
64	2^{63}

de cada vez que duplicamos o consumo de qualquer bem consumimos mais do que tínhamos consumido antes da duplicação!

Um outro exemplo interessante:

(Albert Bartlett, Arithmetic, Population and Energy)

Como sabem as bactérias reproduzem-se por duplicação: uma bactéria divide-se em duas, que se dividem em quatro...



suponhamos que coloco uma bactéria dentro de uma garrafa vazia às 11:00 da manhã e que elas se reproduzem uma vez por minuto...

Um outro exemplo interessante (Albert Bartlett, Arithmetic, Population and Energy):

Como sabem as bactérias reproduzem-se por duplicação: uma bactéria divide-se em duas, que se dividem em quatro...



... e que verifico que 1h depois, às 12:00, as bactérias se reproduziram de maneira a ocupar todo o volume da garrafa...

Um outro exemplo interessante (Albert Bartlett, Arithmetic, Population and Energy):

Como sabem as bactérias reproduzem-se por duplicação: uma bactéria divide-se em duas, que se dividem em quatro...



A que horas estava metade do volume da garrafa totalmente ocupado?

... às 11:59!

Um outro exemplo interessante (Albert Bartlett, Arithmetic, Population and Energy):

Como sabem as bactérias reproduzem-se por duplicação: uma bactéria divide-se em duas, que se dividem em quatro...



Se eu fosse uma bactéria da garrafa, a que horas iria ficar desconfiado de que poderia vir a haver um problema de espaço?

às 11:55 o espaço da garrafa está apenas 3% ocupado!

Um outro exemplo interessante (Albert Bartlett, Arithmetic, Population and Energy):

Como sabem as bactérias reproduzem-se por duplicação: uma bactéria divide-se em duas, que se dividem em quatro...



Suponhamos agora que, dois minutos antes das 12:00, um grupo expedicionário de bactérias localiza 3 novas garrafas!

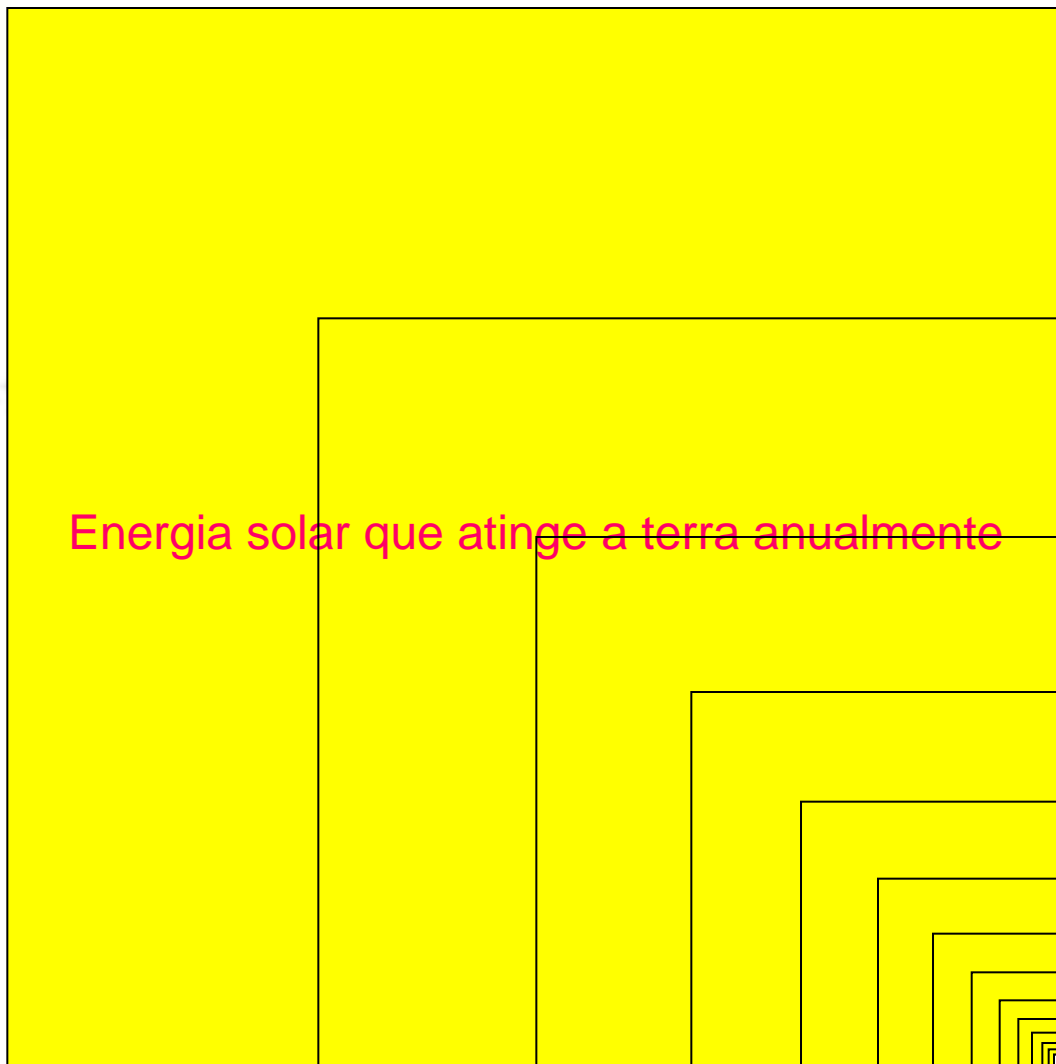
a colónia ganhou mais dois minutos de vida!



Para não termos problemas energéticos hoje, bastaria sermos já capazes de aproveitar menos de 0,1% da energia limpa que recebemos diariamente do sol!

fotosíntese – 0,023%

De facto hoje já sabemos como fazê-lo!



Que horas são?

11:47

Moral das “histórias”:

desconfiem de quem vos tenta convencer que uma sociedade baseada num aumento contínuo do consumo pode ser sustentável...

... e, acima de tudo, façam sempre as vossas próprias contas!

Vamos então começar a pensar sobre a evolução histórica do consumo energético...

Começemos por pensar na energia que nos mantém vivos

Recebemos do exterior energia química (alimentos), que transformamos em calor (sempre) e em trabalho (às vezes...)

Concretizemos:

Suponhamos que como uma batata de 100g...

100g de batata = 22g hidratos de carbono + 2g proteínas + 76g água

Exemplo de hidratos de carbono - Glucose: $C_6H_{12}O_6$

O meu organismo é capaz de aproveitar cerca de 4kCal por cada grama de um hidrato de carbono que é oxidado no interior do meu corpo.

Concretizemos:

Tipo de alimento	Energia obtida
Hid. Carbono	4kCal/g
Proteínas	4kCal/g
Álcool	7kCal/g
Gordura	9kCal/g

100g de batata = 22g hidratos de carbono + 2g proteínas + 76g água

Portanto, quando como uma batata com 100g, estou a aumentar a minha energia interna de qualquer coisa como:

$$24g \times 4kCal/g = 96kCal$$

Concretizemos:

Este processo de conversão de energia implica um consumo de oxigénio, que é praticamente independente do tipo de alimento que estamos a utilizar.

convertemos ~ 5kCal por cada litro de O₂ que consumimos

Uma pessoa com ~75kg de peso consome ~ 16 l de O₂ por hora (em repouso), portanto...

...para estar vivo consumo $16 \times 5 \times 24 \sim 1900$ kCal/dia

Taxa metabólica basal:

Este consumo mínimo de energia denomina-se taxa metabólica basal (TMB).

No caso dos mamíferos esta taxa é praticamente independente da espécie, e depende apenas da massa corporal dos indivíduos:

TMB é proporcional a $m^{3/4}$

Taxa metabólica:

É claro que a taxa metabólica aumenta com a actividade:

Em repouso – TMB ~ 80 kCal/h

Actividade ligeira – TM ~ 125 a 250 kCal/h

Em esforço – TM ~ pode atingir 1500 kCal/h

O valor máximo a que um individuo consegue elevar a sua taxa metabólica é uma boa medida do seu estado de forma física

Consumo típico diário:

Suponhamos que num dia durmo/descanso 10h, desenvolvo uma actividade ligeira durante 13h, e uma actividade intensa durante 1h

Quanta energia consumo?

$$E_{\text{consumida}} \sim (10 \times 80 + 13 \times 150 + 1 \times 750) \text{kCal} = 3500 \text{kCal/dia}$$

Consumo típico diário:

Qual é a potência que corresponde a este consumo?

$$P = \frac{3500 \times 10^3 \text{ Cal} \times 4,18 \text{ J/Cal}}{24 \times 60 \times 60 \text{ s}} \cong 170 \text{ W}$$

Isto quer dizer que, se eu estiver sozinho na selva, vou ter que procurar suficiente alimento para conseguir sustentar este consumo!

Quanto tem que andar um vegetariano:

A energia que preciso num dia é:

$$E = 24h \times 170W \cong 4000Wh$$

Suponhamos que eu sou vegetariano, e consigo comer literalmente tudo o que encontrar: desde cenouras a troncos de pinheiro...

Quanto tem que andar um vegetariano:

Suponhamos que estou em Portugal...

O recurso solar é, em média, de cerca de 4h diárias de sol a $1\text{kW}/\text{m}^2$.

Isto quer dizer que cada m^2 de solo recebe em média cerca de 4kWh de energia solar sob a forma de radiação por dia. Quanta desta energia é convertida em energia química?

$$E_{\text{química}} = 4\text{kWh} \times \eta_{\text{fotos.}} \cong 4\text{kWh} \times 0,003 = 0,012\text{kWh}/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

Quanto tem que andar um vegetariano:

Suponhamos que estou em Portugal...

Isto quer dizer que a energia que eu consumo diariamente (na hipótese de não deixar mesmo nada para trás!) me pode ser fornecida em média por uma área:

$$\frac{4 \text{ kWh}/(\text{dia} \times \text{m}^2)}{0,012 \text{ kWh}/\text{m}^2 \times \text{dia}} \cong 330 \text{m}^2$$

E se eu me alimentar exclusivamente de carne:

Nesse caso, a energia química disponível depois da fotossíntese terá ainda que ser de novo convertida em músculo - outra forma de energia química...

Isto quer dizer que a energia disponível por dia será:

$$E'_{química} = \eta_{prod.carne} \times 0,012 \text{ kWh/m}^2 \times dia$$

Como $\eta_{prod.carne} \sim 5 - 10\%$

E se eu me alimentar exclusivamente de carne:

A energia disponível por $m^2 \times dia$ será:

$$E'_{quimica} \cong 0,075 \times 0,012 \text{ kWh}/m^2 \times dia = 9 \times 10^{-4} \text{ kWh}/m^2 \times dia$$

Precisarei então de uma área:

$$\frac{4 \text{ kWh}/dia}{9 \times 10^{-4} \text{ kWh}/m^2 \times dia} \cong 4500 m^2$$

Em resumo:

É claro que não é sustentável utilizar a totalidade do coberto vegetal. Suponhamos que utilizamos cerca de 10%. As áreas em causa passarão a ser então:

"Vegetarianos puros" $\cong 3300m^2$

"Carnívoros puros" $\cong 45000m^2$

Quantas pessoas consigo alimentar?

A terra seca disponível no planeta é de cerca de $1,48 \times 10^{14} \text{ m}^2$

Isto significa que, se fosse possível utilizá-la na totalidade, conseguiria sustentar:

$$\frac{1,48 \times 10^{14}}{3300} \cong 4,5 \times 10^{10} \quad \text{"Vegetarianos puros"}$$

$$\frac{1,48 \times 10^{14}}{45000} \cong 3,3 \times 10^9 \quad \text{"Carnívoros puros"}$$

Quantas pessoas consigo alimentar?

**Tomemos a média destes
dois números como limite:**

$2,4 \times 10^{10}$ habitantes

Hoje somos $6,7 \times 10^9$

**Que
horas
são?**

11:58

Quantas pessoas consigo alimentar?

É claro que estes números valem o que valem: são estimativas feitas a partir do que sabemos sobre o recurso solar, com muitas aproximações.

Por exemplo, podemos perguntar: então e a moderna agricultura não consegue ser mais eficiente?

Olhemos, por exemplo, para dados relativos à produção agrícola anual dos Estados Unidos em 2007...

Produção anual de trigo nos EUA em 2007

A produtividade foi de 42,5 bushel/acre

(Fonte:http://nue.okstate.edu/Crop_Information/World_Wheat_Production.htm)

1 acre ~ 4047 m²

1 bushel ~ 25,5 kg

A produtividade anual foi de cerca de:

270 g / m².ano

Produção anual de trigo nos EUA em 2007

A partir do trigo consigo obter cerca de 4290kCal/kg

(Fonte:http://nue.okstate.edu/Crop_Information/World_Wheat_Production.htm)

Produtividade em termos energéticos:

$$0,270 \times 4290 \sim 1160 \text{ kCal} / \text{m}^2.\text{ano}$$

ou seja:

$$1160/365 \sim 3,2 \text{ kCal} / \text{m}^2.\text{dia}$$

ou ainda:

$$\sim 0,00372 \text{ kWh} / \text{m}^2.\text{dia}$$

Resumindo:

A fotossíntese globalmente conduz-nos a uma produtividade energética de

$\sim 0,012 \text{ kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{dia}$

a agricultura mais sofisticada a:

$\sim 0,00372 \text{ kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{dia}$

Será que isto significa que os 10% da produtividade energética da fotossíntese que tomei são uma estimativa feita muito por baixo?

Resumindo:

De facto 0.00372 corresponde a cerca de 30% de 0.012, mas...

Quanta energia “extra” utiliza a agricultura nos EUA?

Em 2007, além do gasóleo, foram utilizadas:

(Fonte:http://nue.okstate.edu/Crop_Information/World_Wheat_Production.htm)

$12,05 \times 10^9$ toneladas de N

$4,5 \times 10^9$ toneladas de P_2O_5

$4,7 \times 10^9$ toneladas de K_2O

(...)

Resumindo:

Os 10% são provavelmente uma estimativa optimista...

mas o mais importante é que fica absolutamente claro que há um limite à energia que podemos utilizar!

Pensemos agora nos seres vivos em geral

Dissemos anteriormente que os seres vivos são “conversores de energia” que geram localmente entropia negativa.

É costume classificá-los em dois tipos:

Autotróficos:

são capazes de converter directamente energia solar em energia química

Heterotróficos:

não são capazes de converter directamente energia solar em energia química

Pensemos agora nos seres vivos em geral

Naturalmente, a história da vida na terra teve que começar pelos seres autotróficos.

Só depois de um longo período de “sequestro de energia” levado a cabo por este tipo de seres puderam surgir os segundos.

Como é que esta evolução da vida se deu?

Seleção natural

Darwin ensinou-nos que foi por um processo lento de “tentativa e erro” denominado seleção natural.

O método é simples na sua essência:

Por exemplo: um predador mais capaz de conseguir capturar “presas” tem maior probabilidade de se alimentar convenientemente, sobreviver, e transmitir o seu código genético às gerações futuras.

Seleção natural

Este processo está também seguramente na base do estabelecimento de uma optimização da “eficiência energética” dos ecossistemas.

O que quer isto dizer?

Imaginemos uma cadeia alimentar:

Espécies carnívoras

Espécies herbívoras

Coberto vegetal

A cadeia tem que estar energeticamente equilibrada

Realimentação negativa e selecção natural

Isto quer dizer que existe sempre um processo de realimentação negativa que regula a população dos três tipos de indivíduos de modo a estabilizar a população relativa dos três patamares da cadeia

Se isso não acontecer a cadeia não é estável!

Podemos gostar ou não de ver essa regulação actuar, mas a verdade é que sem ela o sistema entra globalmente em colapso...



Realimentação negativa e selecção natural

Exemplo:

Suponhamos que por uma razão qualquer o nº de carnívoros é demasiado elevado...

Isto vai fazer diminuir o número de herbívoros, o que tem duas consequências:

1 – será mais difícil aos carnívoros sobreviver, ou seja, a sua população vai diminuir (e irão sobreviver os mais aptos);

2 – o coberto vegetal vai aumentar, ou seja, irá ser facilitado o aumento da população de herbívoros;

Realimentação negativa e selecção natural

Esta regulação, actuando durante longos períodos de tempo, permite a sobrevivência dos mais aptos e mantém o sistema global num equilíbrio eficiente do ponto de vista energético.

Este equilíbrio é sempre possível?

É interessante perceber o que pode acontecer quando um determinado ponto de equilíbrio de um sistema deste tipo é subitamente alterado...

Realimentação negativa e selecção natural

É o que pode acontecer quando introduzimos uma espécie nova num ambiente que está em equilíbrio

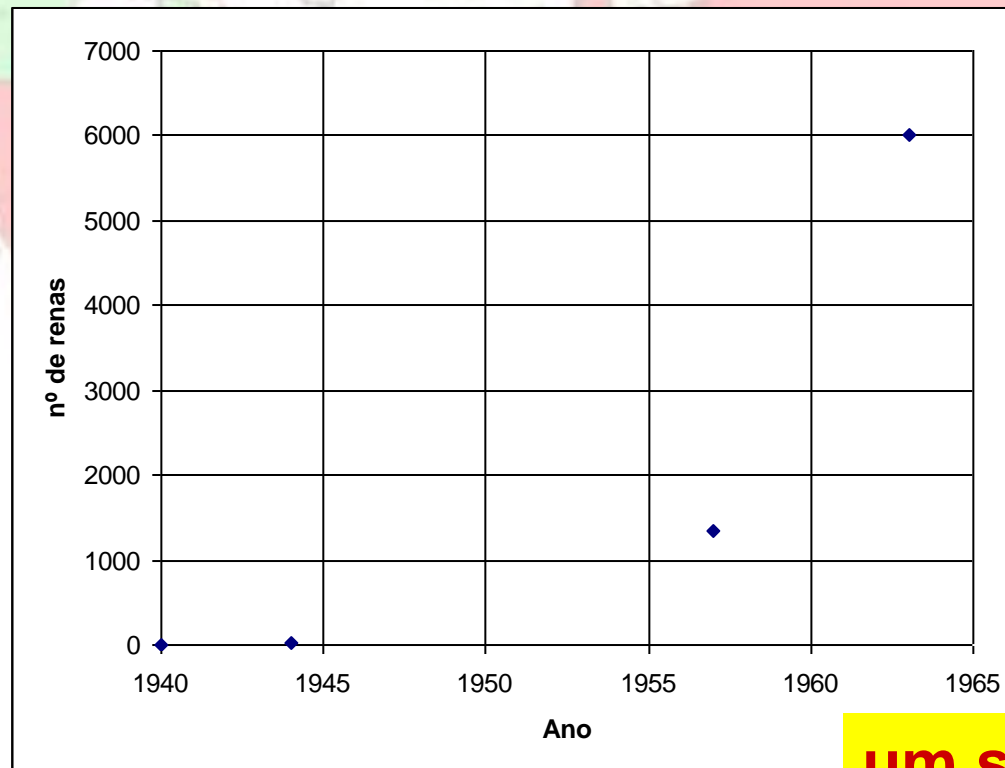
Exemplo:

Em 1944 foram introduzidas pela primeira vez 29 renas na Ilha de St. Mathew (Mar de Bearing)...

esta ilha tinha um tipo de vegetação abundante especialmente boa para a alimentação destes animais, e não tinha qualquer predador que lhes “dificultasse a vida”...

Realimentação negativa e selecção natural

O que é que aconteceu?



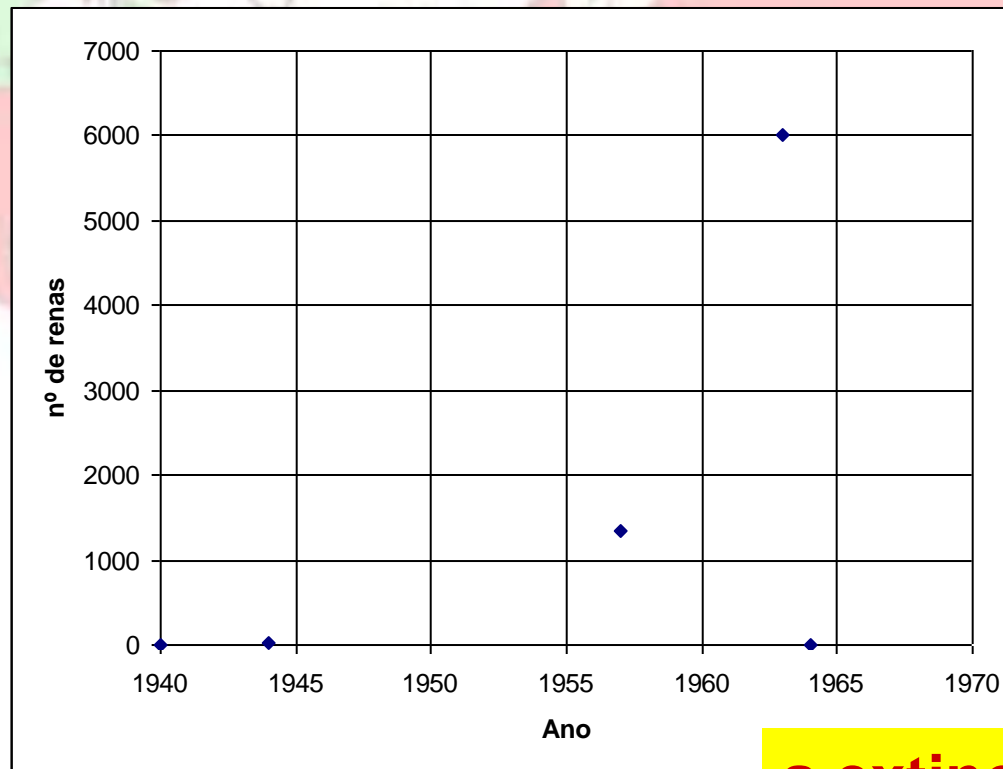
29 em 1944...

6000 em 1963...

um sucesso?

Realimentação negativa e selecção natural

Não propriamente...



29 em 1944...

6000 em 1963...

a extinção em 1964!

Realimentação negativa e selecção natural

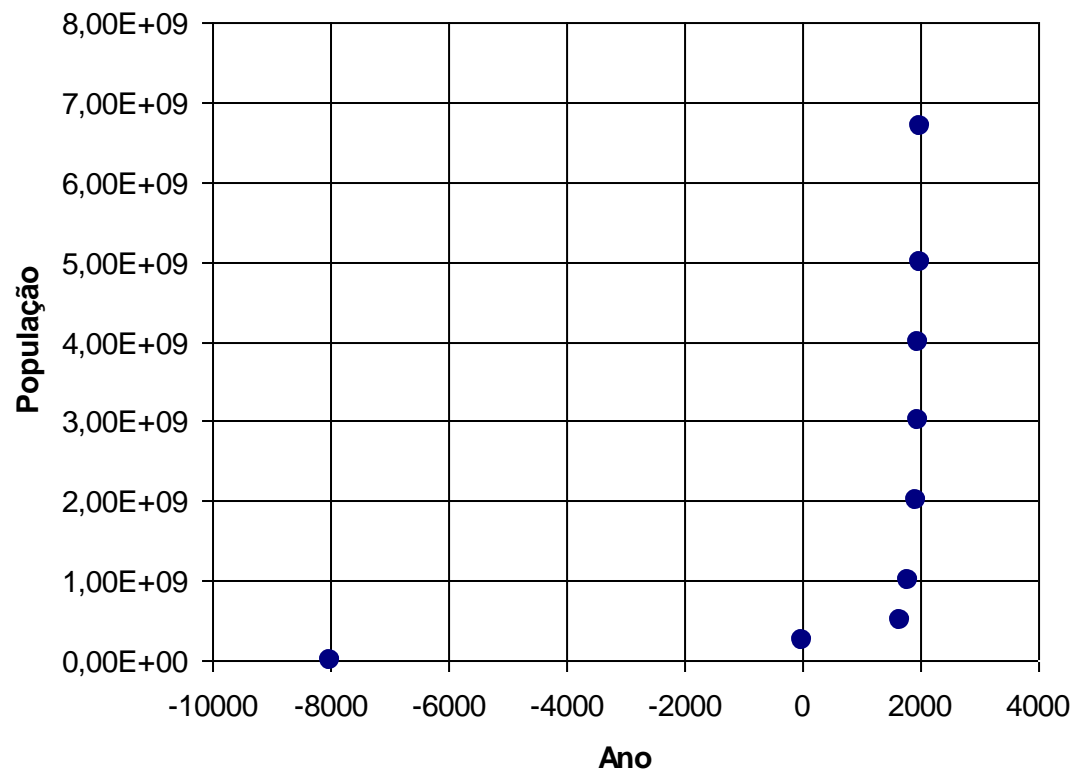
A razão é simples:

Quando introduzimos uma espécie num sistema que lhe é favorável, mas onde ela não evoluiu naturalmente, o sistema não tem tempo para se adaptar e raramente se atinge um equilíbrio porque essa espécie se reproduz fortemente e consome o recurso rapidamente até à exaustão: transforma-se numa praga.

o que é que isto tem que ver com sustentabilidade energética?

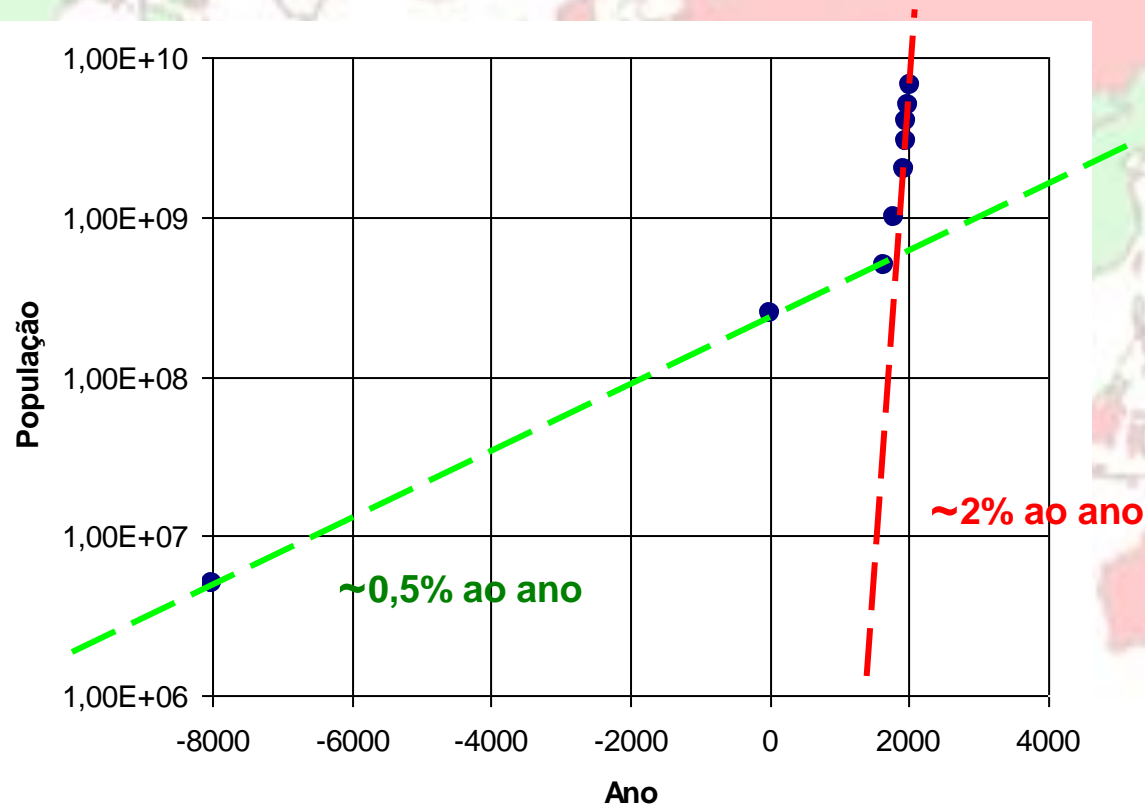
Um caso muito particular...

Vejam os o que está a acontecer com uma espécie em particular no planeta Terra...



Um caso muito particular...

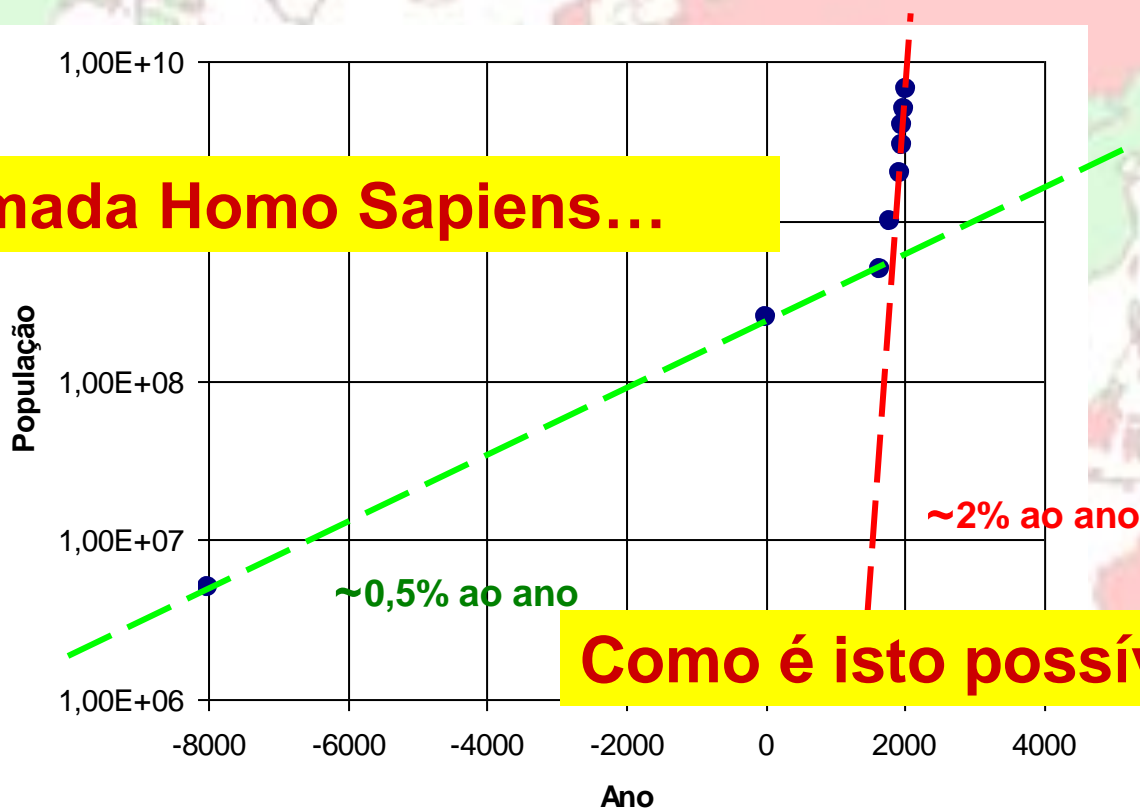
Vejamos o que está a acontecer com uma espécie em particular no planeta Terra...



Um caso muito particular...

Tudo indica, portanto, que estamos a falar de uma praga...

Chamada Homo Sapiens...



Como é isto possível?

A vida antes da era Homo Sapiens...

Durante milhares de anos o planeta só teve seres vivos capazes de converter energia de um forma endossomática.

O que quer isto dizer?

Que durante este tempo todos os “conversores de energia” existentes usaram exclusivamente a energia necessária para se manterem vivos e se reproduzirem, porque só eram capazes de fazer conversões de energia no interior do seu corpo!

A vida antes da era Homo Sapiens...

Como a energia disponível era muito abundante para esse efeito, o resultado foi que a energia química resultante dessas conversões foi sendo acumulada no planeta: os restos da matéria orgânica foram sendo processados por processos naturais e “armazenados” em jazidas sob a forma do que chamamos hoje combustíveis fósseis...

A vida antes da era Homo Sapiens...

Este processo muito lento provocou, por exemplo, a alteração da atmosfera do planeta: uma diminuição muito forte do seu teor em CO₂ e um aumento do seu teor em O₂.

Gradualmente, os próprios seres vivos foram-se adaptando a estas novas condições, à medida que iam sendo moldados pelo processo da selecção natural...

A revolução Homo Sapiens...

A capacidade de controlo do fogo pelo Homo Sapiens marca um ponto de viragem na história energética do planeta

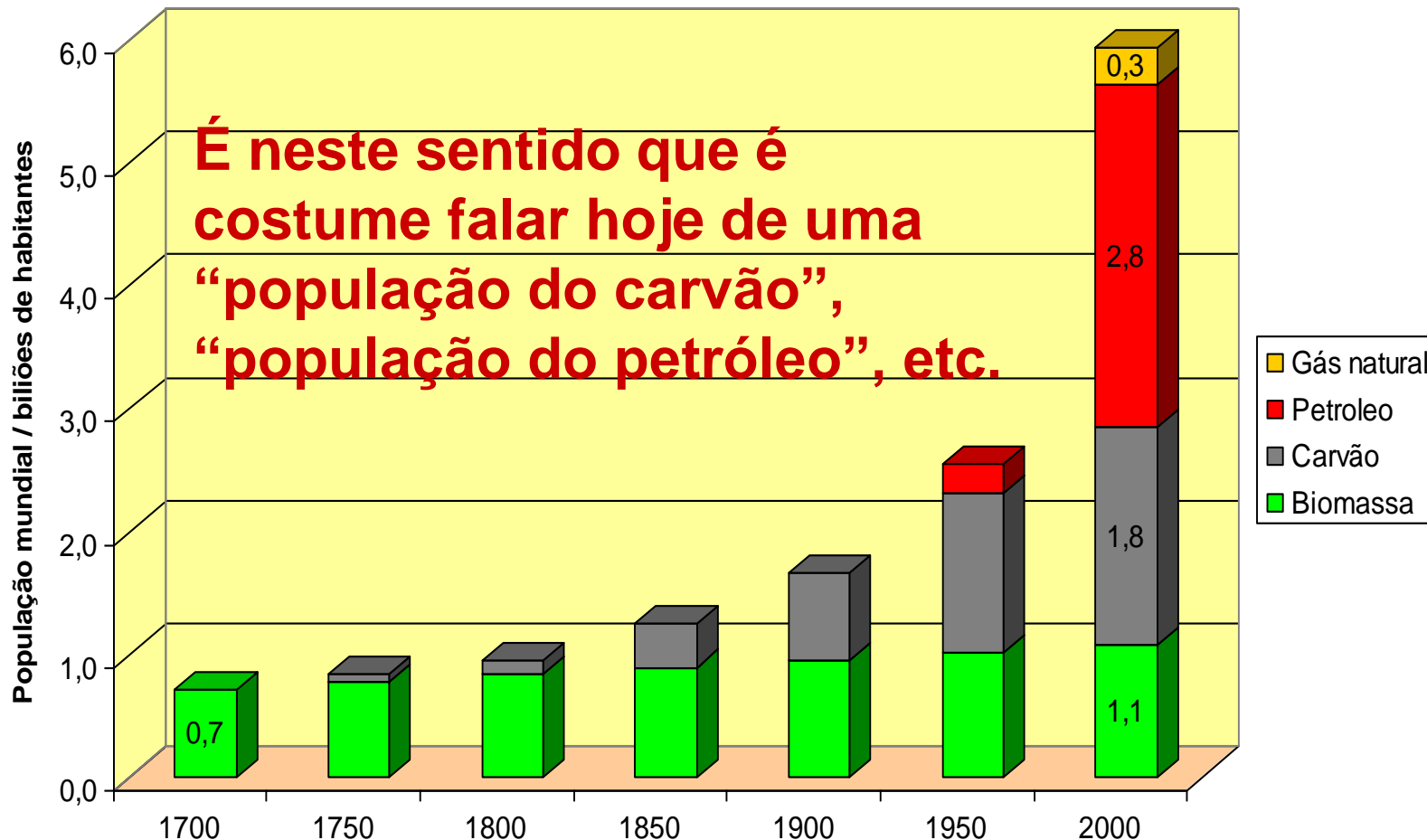
pela primeira vez uma espécie aprende a fazer outro tipo de conversão de energia: uma conversão exosomática (ou seja, feita fora do seu organismo)

A revolução Homo Sapiens...

O impacto desta nova capacidade foi enorme:

a utilização exosomática de uma quantidade muito grande de energia “sequestrada” no planeta, permitiu ao homem “moldá-lo às suas necessidades” e beneficiar de um crescimento populacional equivalente ao que se observa em espécies que se comportam como pragas.

A revolução Homo Sapiens...



A revolução Homo Sapiens...

A consciência crescente de que esta “energia fácil” não vai durar sempre e de que a sua utilização massiva pode provocar problemas sérios levanta uma questão relevante:

seremos ou não capazes de nos adaptar rapidamente e atingir a sustentabilidade energética?

A revolução Homo Sapiens...

No fundo estamos a falar de duas questões:

para onde temos que caminhar do ponto de vista energético?

e

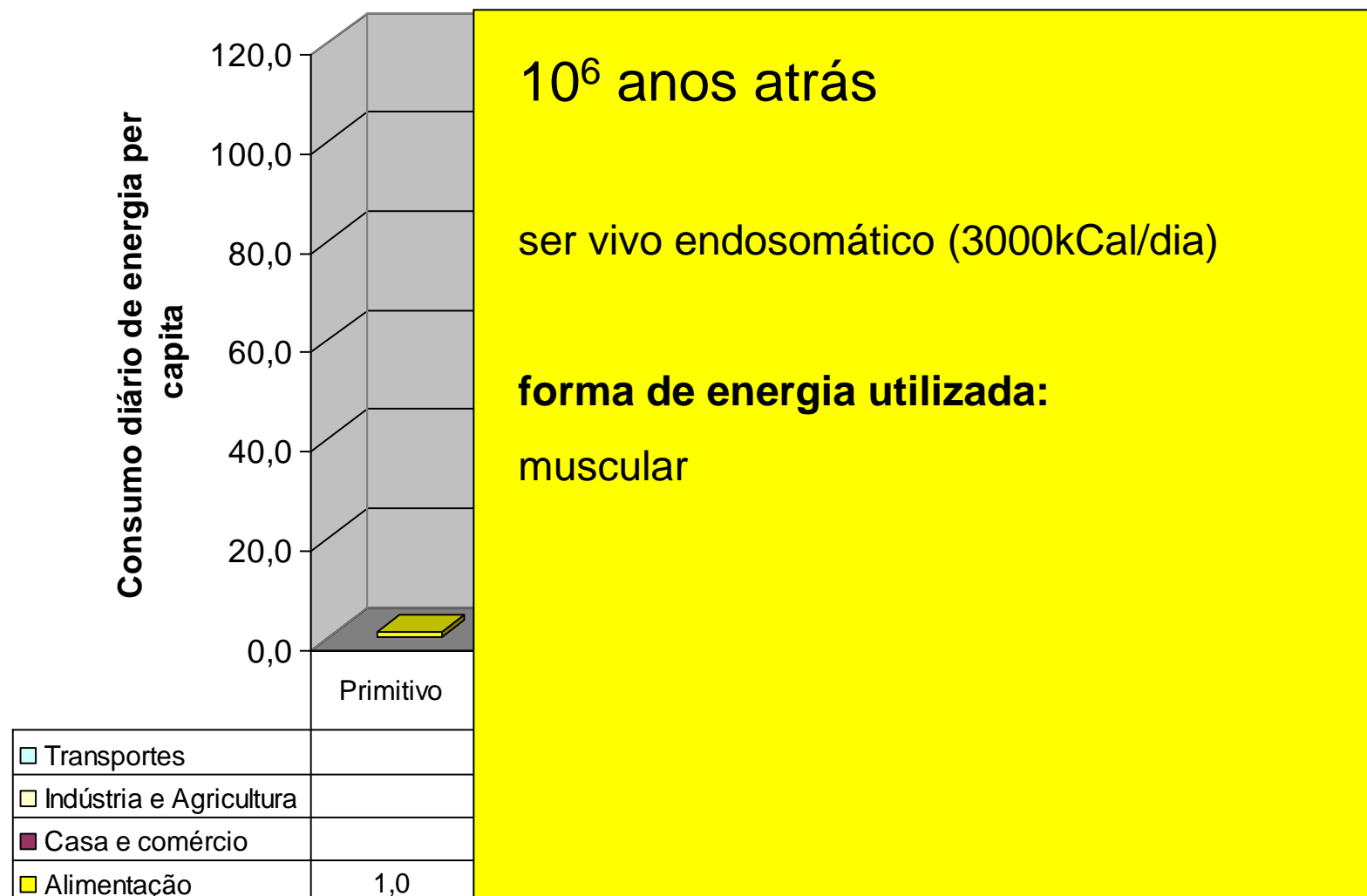
a que velocidade?

Compreender a evolução do consumo...

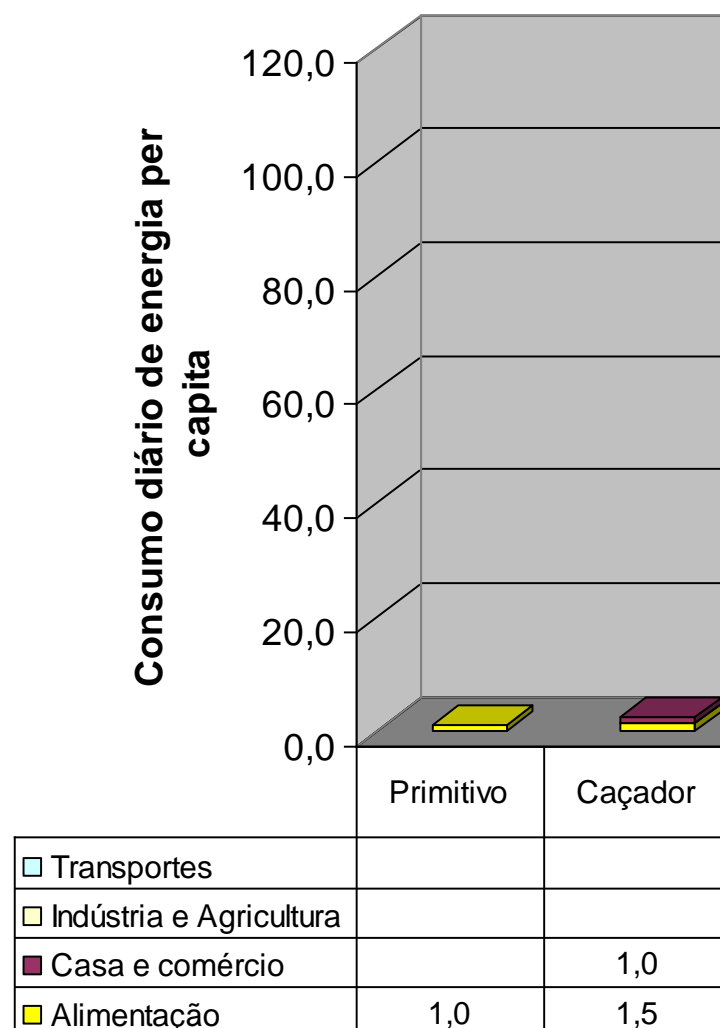
Pensemos um pouco sobre a evolução do consumo per capita...

é sempre bom entender o passado se queremos programar bem o futuro!

Compreender a evolução do consumo...



Compreender a evolução do consumo...



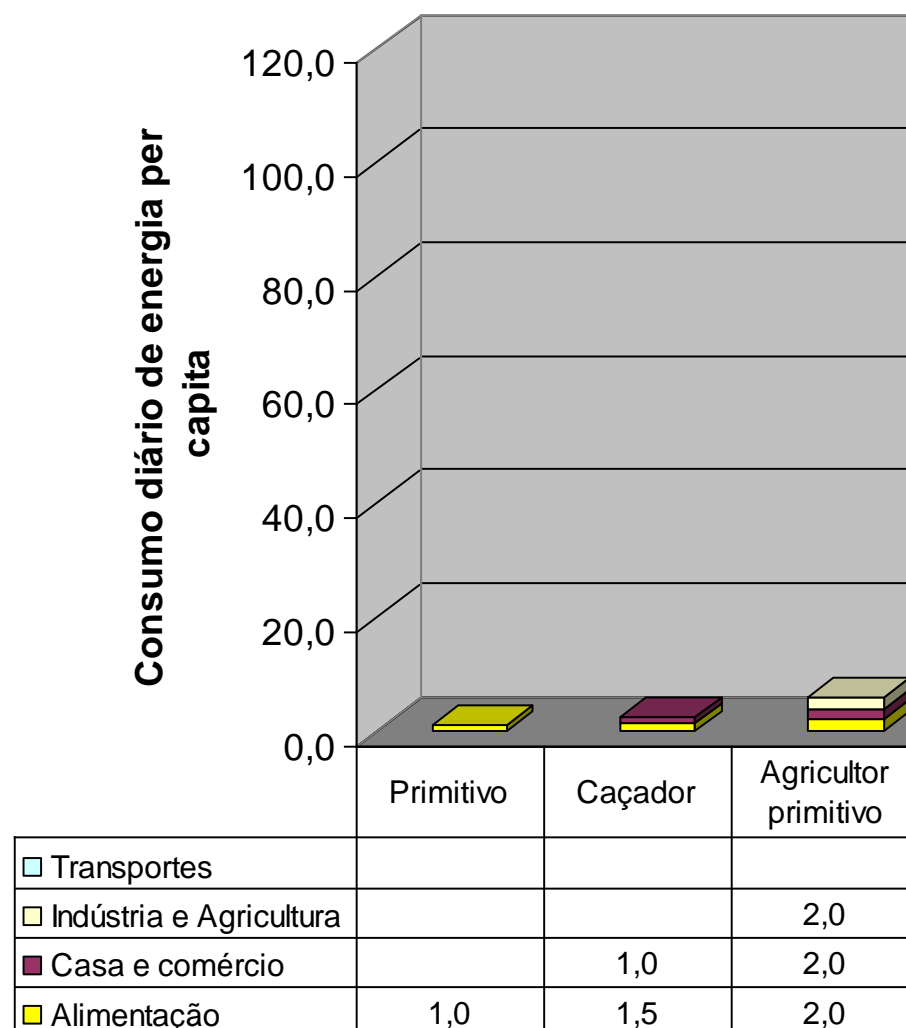
10⁵ anos atrás

homem transforma-se num ser vivo exosomático: começa a ser capaz de utilizar o fogo queimando biomassa (lenha) para cozinhar e aquecer-se;

continua completamente dependente da natureza em estado selvagem para obter alimentação (caçador/recolector)

forma de energia utilizada:
muscular e biomassa

Compreender a evolução do consumo...



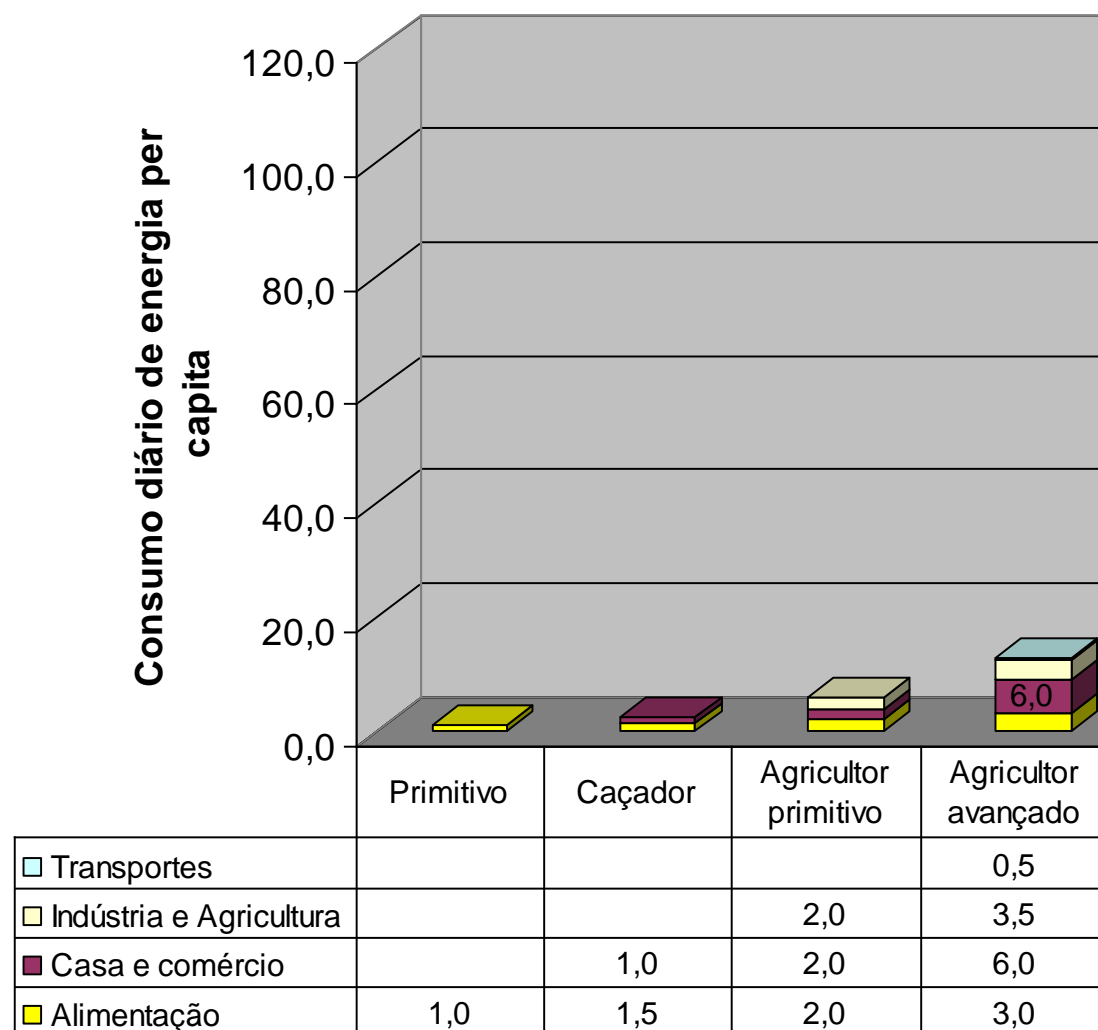
5×10^3 anos atrás

surgem as primeiras sociedades que praticam a agricultura;

pela primeira vez existe capacidade de armazenamento de alimentos;

forma de energia utilizada: muscular (incluindo animal) e biomassa

Compreender a evolução do consumo...



1400 - 1875

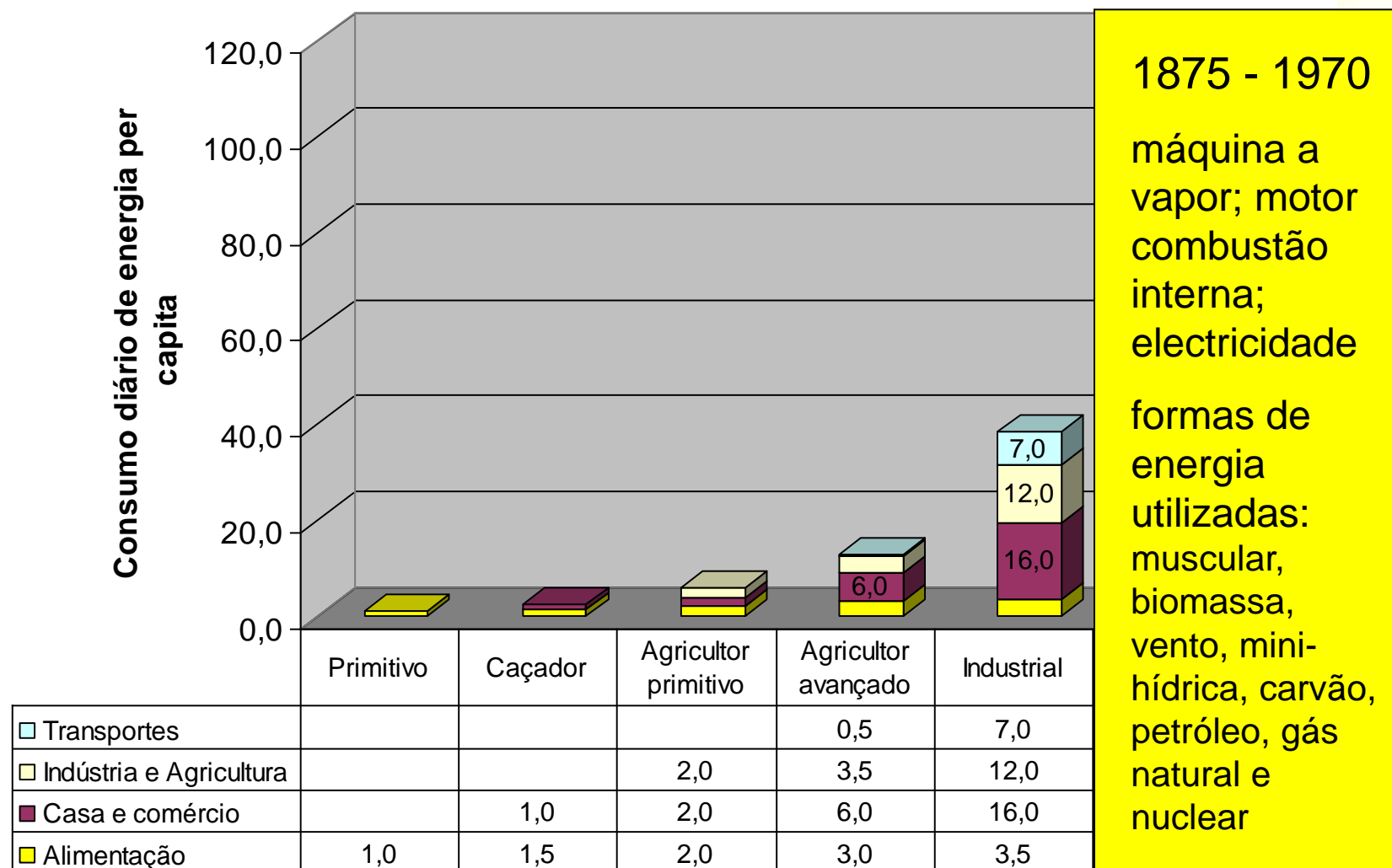
animais para transporte;

utilização de moinhos de vento e mini-hídricas rudimentares

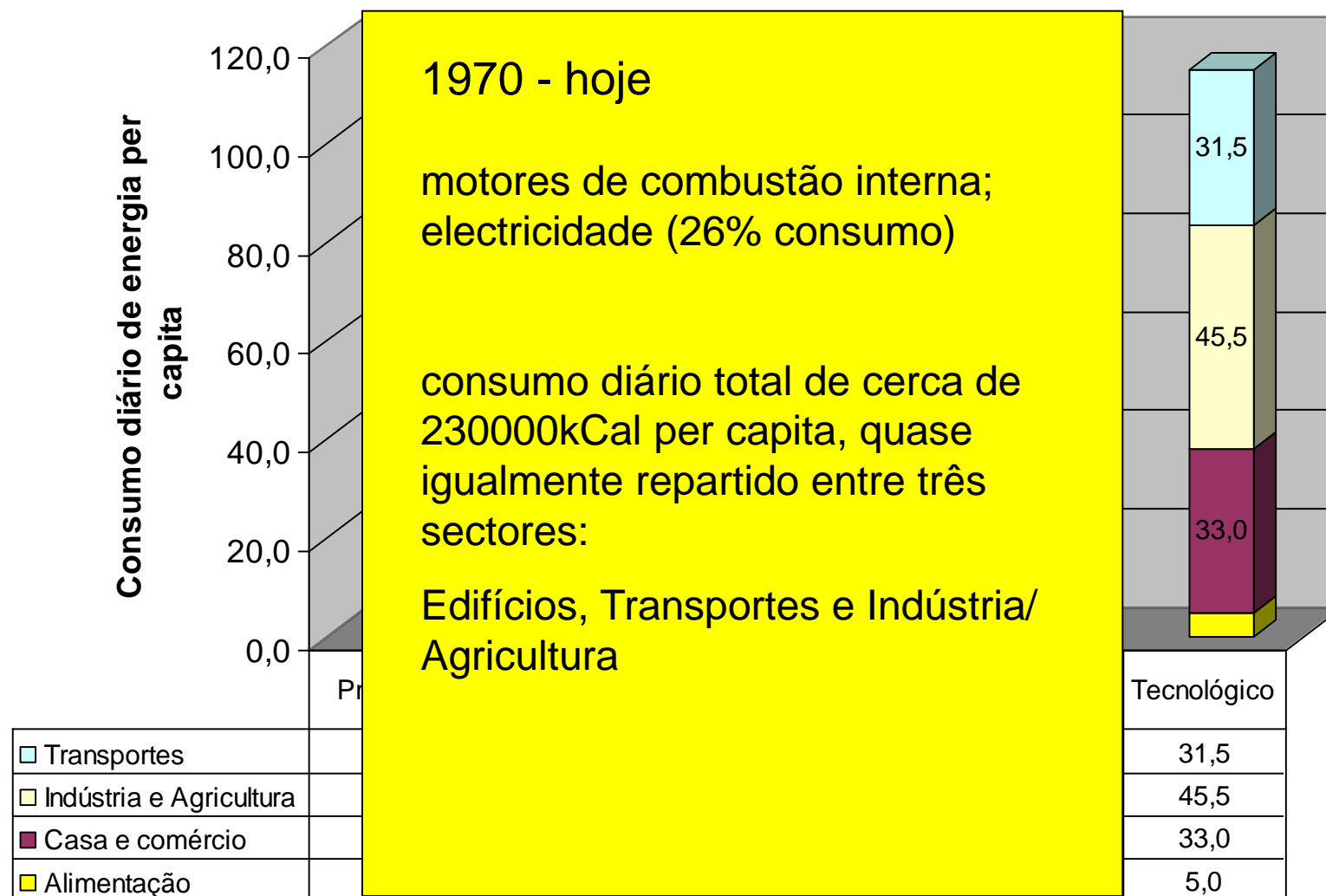
utilização de pequenas quantidades de carvão para aquecimento

formas de energia utilizada: muscular, biomassa, vento, mini-hídrica e carvão

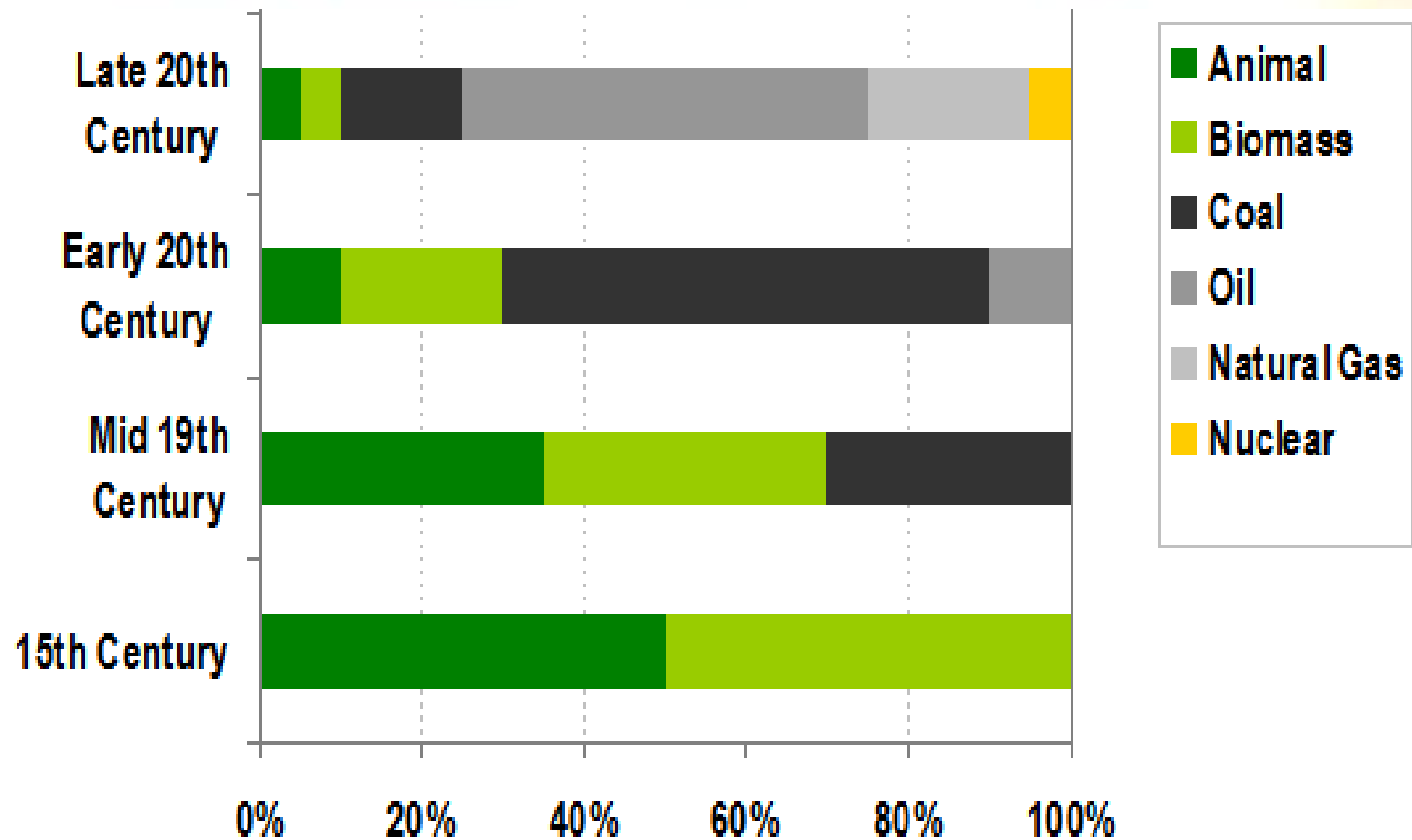
Compreender a evolução do consumo...



Compreender a evolução do consumo...



Compreender a evolução do consumo...



tendência histórica: utilização de fontes primárias cada vez com maior densidade de energia

Alguns dados...

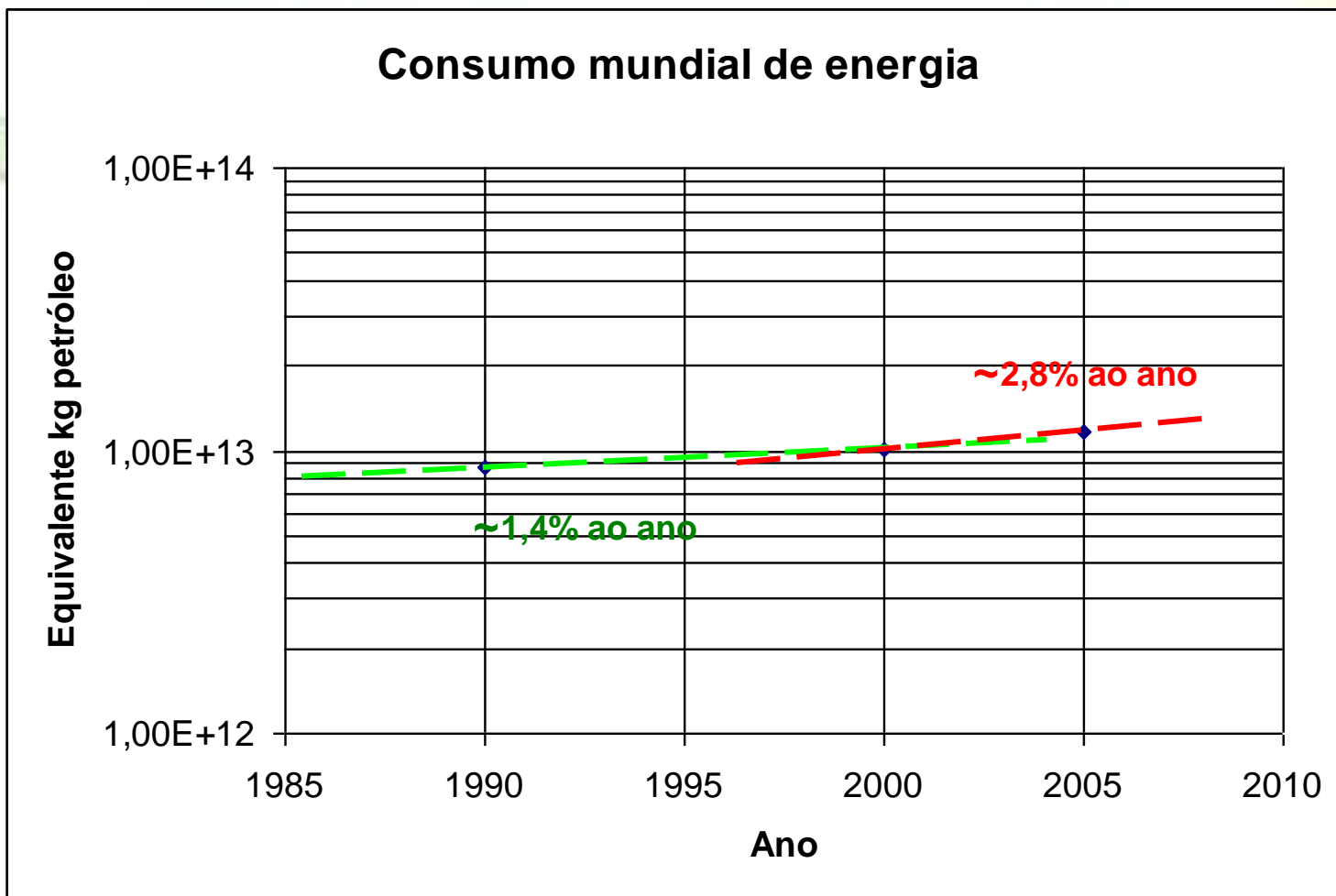
Ano	Consumo anual per capita (equiv. kg petróleo)	População mundial
1990	1668	$5,25 \times 10^9$
2000	1657	$6,07 \times 10^9$
2005	1778	$6,52 \times 10^9$

fonte: earthtrends.wri.org/searchable_db/

<http://www.ibiblio.org/lunarbin/worldpop>

Ano	Consumo anual mundial (equiv. kg petróleo)
1990	$8,76 \times 10^{12}$
2000	$1,01 \times 10^{13}$
2005	$1,16 \times 10^{13}$

Alguns dados...



As assimetrias mundiais

Vimos que entre 2000 e 2005 o consumo mundial de energia cresceu a uma taxa de ~ 3% ao ano.

Estes valores foram calculados multiplicando o consumo médio mundial per capita pela população mundial...

As assimetrias mundiais

Embora o resultado final esteja certo...

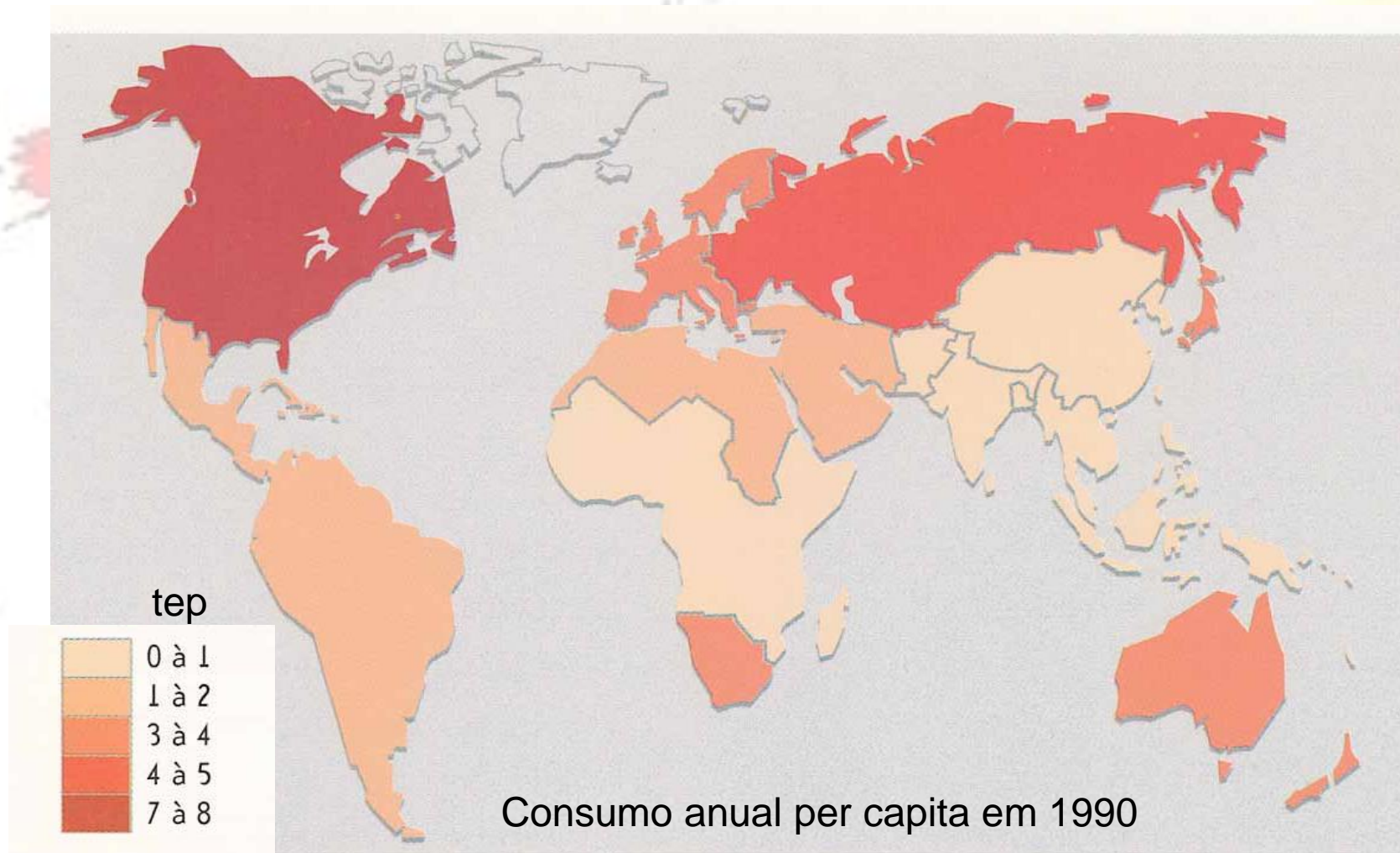
Esta maneira de fazer as contas esconde uma parte da realidade, em particular, a assimetria mundial do consumo de energia per capita

As assimetrias mundiais

É costume dividir o mundo em 10 regiões quando se faz este tipo de análise:

1. América do Norte
2. Europa (União Europeia e países do Norte)
3. Japão, África do Sul, Austrália e Nova-Zelândia)
4. Resto da Europa (ex URSS)
5. América Latina
6. Norte de África e Médio Oriente
7. Resto de África
8. Índia
9. China
10. Ásia - Oceânia

As assimetrias mundiais



fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable

As assimetrias mundiais

Alguns números relativos ao consumo anual per capita em 1990:

Média mundial ~ 1600 litros de petróleo per capita

Índia ~ 300 litros de petróleo per capita

EUA ~ 7900 litros de petróleo per capita

$$\frac{\textit{consumo EUA}}{\textit{consumo Índia}} \cong 26!$$

As assimetrias mundiais

Como chegamos a estas diferenças?

Enquanto na África subsaariana é normal as mulheres percorrerem dezenas de km a pé por dia para obter lenha para cozinhar para a família...

... é igualmente normal nos EUA toda a iluminação e ar condicionado dos escritórios ficar ligada durante a noite!

As assimetrias mundiais

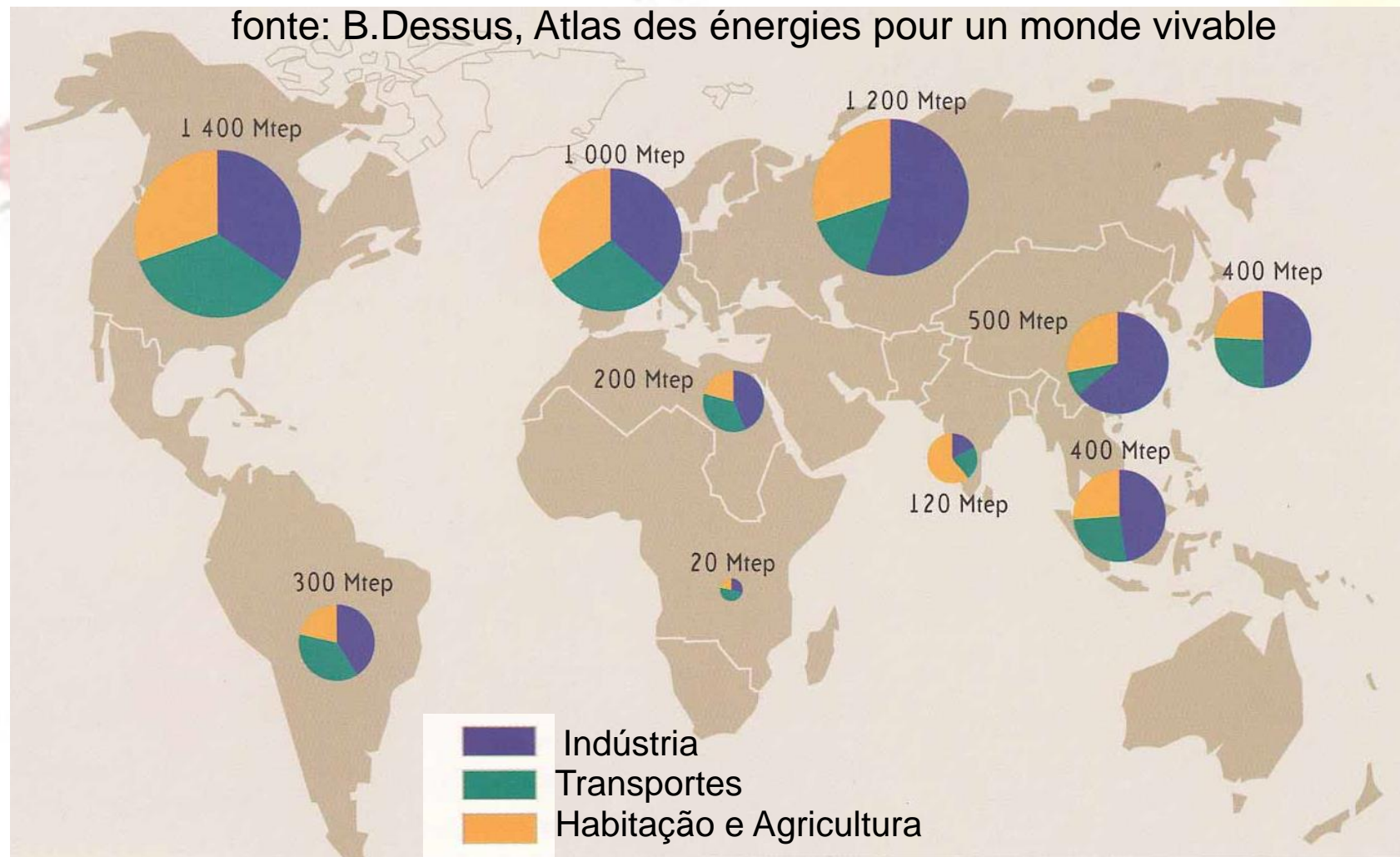


A world map is shown in the background, color-coded to represent energy consumption. North America, Europe, and Australia are shaded in red, indicating high energy consumption. South America, Africa, and parts of Asia are shaded in green, indicating lower energy consumption. The map is centered on the Atlantic Ocean.

Como se consome energia nas diferentes partes do mundo?

Alguns dados...

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable



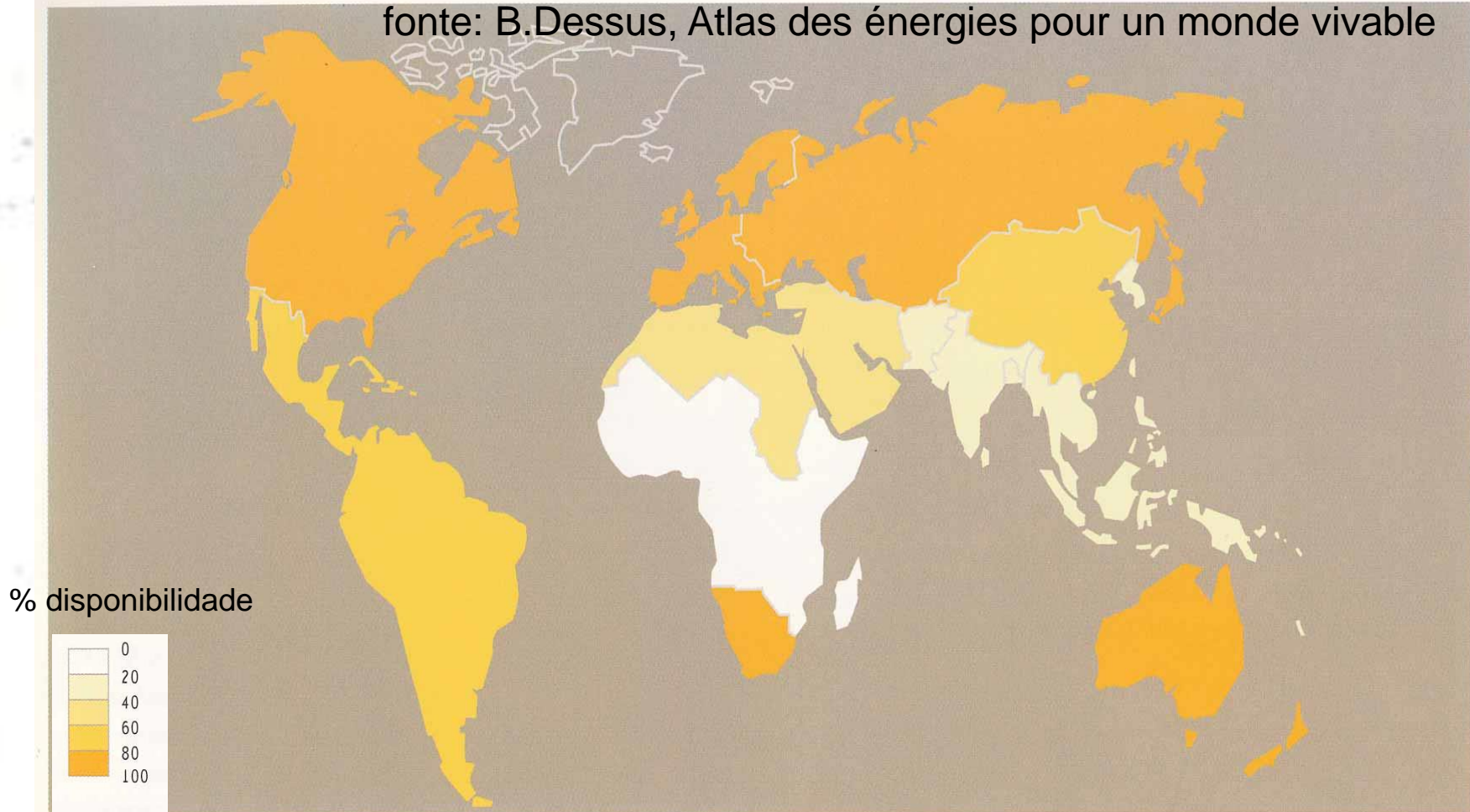
As assimetrias mundiais

A world map with regions colored in red and green. Red regions include North America, Europe, Russia, Australia, and parts of Africa and South America. Green regions include South America, Africa, and parts of Asia. A large yellow text box is overlaid on the map.

**A situação é ainda pior
relativamente à electricidade...**

As assimetrias mundiais

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable



As assimetrias mundiais

Alguns números:

- 40% da população mundial não tem acesso à electricidade;
- na África subsaariana menos de 10% dos habitantes estão ligados à rede eléctrica, e esta % tende a diminuir porque a taxa de electrificação é inferior ao aumento demográfico;
- nos países industrializados mais de 80% da energia é proveniente dos combustíveis fósseis;
- na África subsaariana 70% da energia provém da biomassa florestal.

Os problemas desta tipologia de consumo

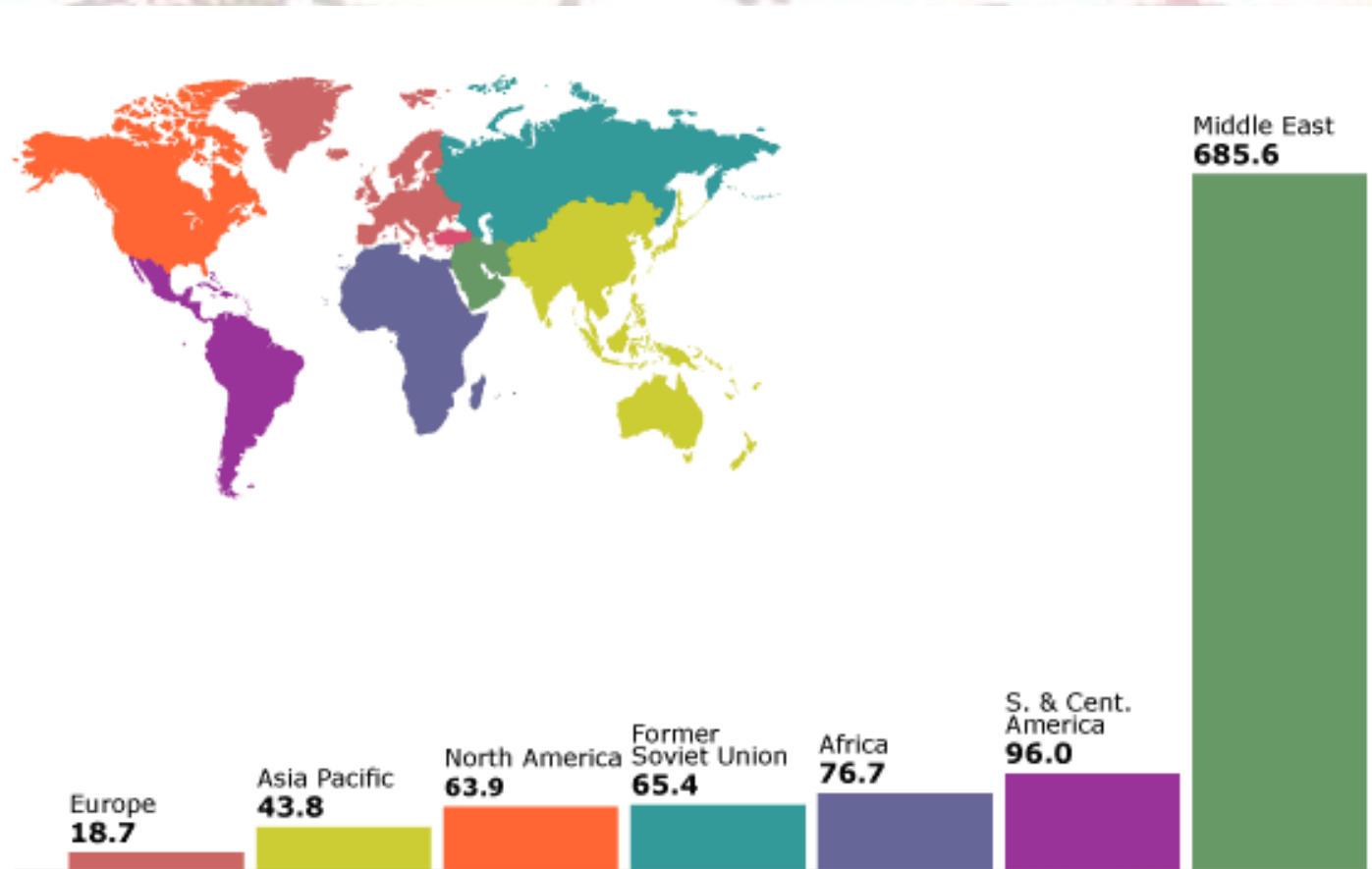
- dependência muito forte de combustíveis fósseis, em particular de uma única fonte de energia primária nos países desenvolvidos (petróleo):
 - problemas de segurança / geoestratégicos;
 - necessidade de transporte massivo dos combustíveis fósseis a longas distâncias;
 - poluição associada a este transporte;
 - emissão de gases que promovem o efeito de estufa;
 - alterações climáticas antropogénicas;

Os problemas desta tipologia de consumo

- dependência muito forte de uma única fonte de energia primária nos países pouco desenvolvidos (biomassa):
 - desflorestação;
 - baixa eficiência de conversão;
 - não cobertura de necessidades básicas das populações;
 - grande instabilidade política;
 - forte risco de convulsões sociais;

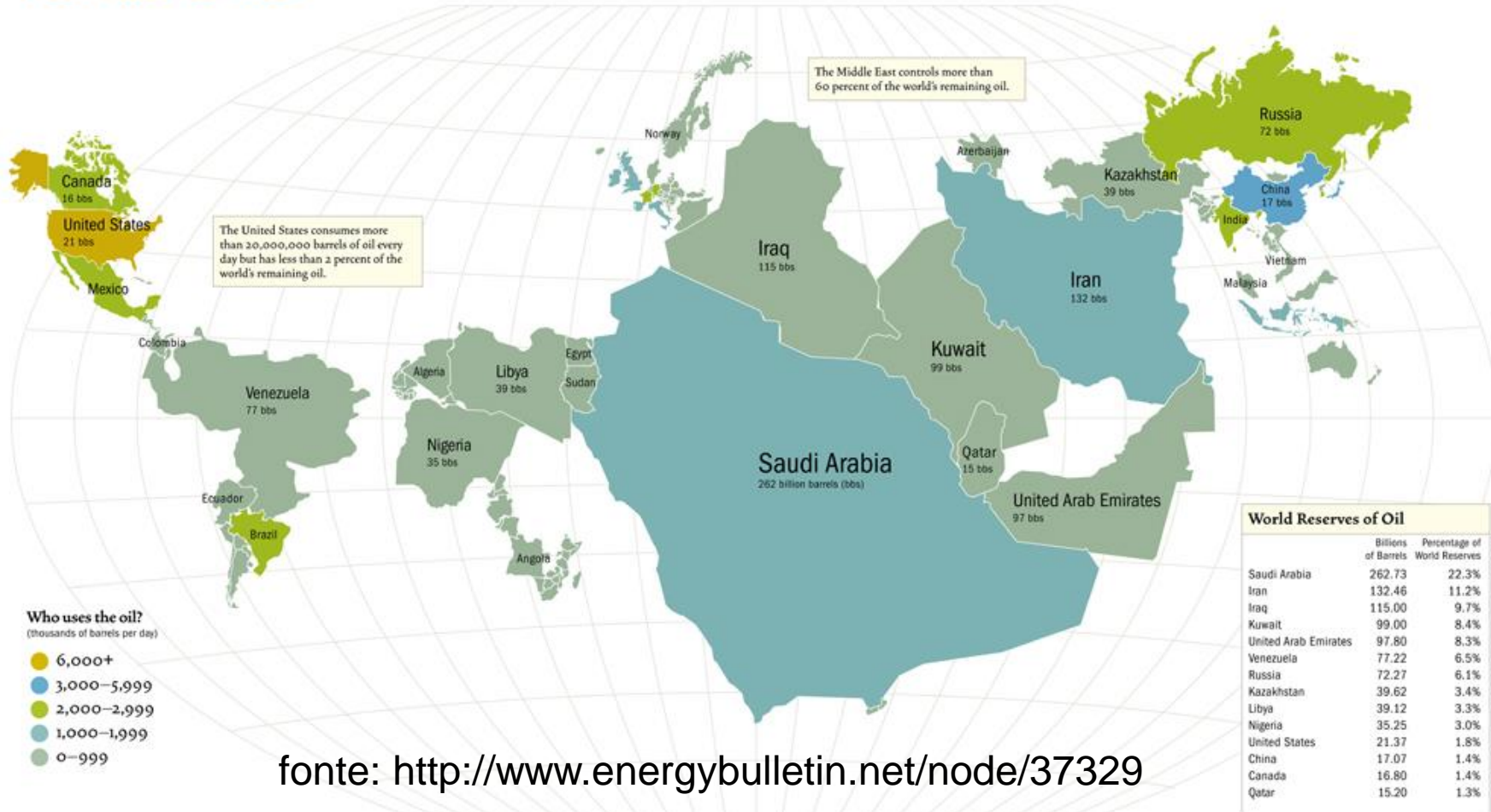
Os problemas desta tipologia de consumo

Localização das reservas de petróleo (milhares de milhões de barris)



Os problemas desta tipologia de consumo

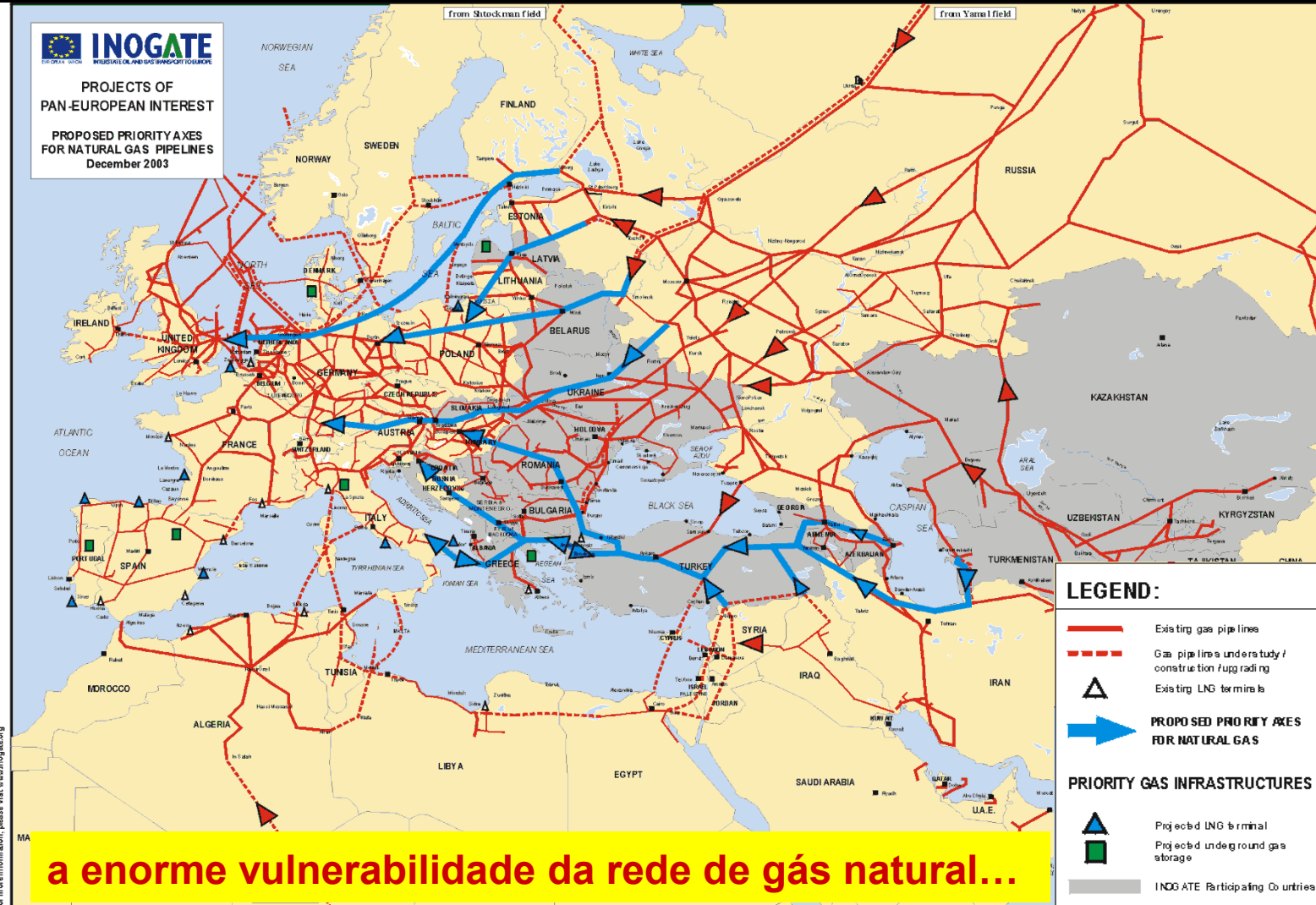
Who has the oil?



fonte: <http://www.energybulletin.net/node/37329>

Each country's size is proportional to the amount of oil it contains (oil reserves); Source: BP Statistical Review Year-End 2004 & Energy Information Administration

Os problemas desta tipologia de consumo



This publication is produced with the assistance of the European Union. The contents of this publication are the sole responsibility of the contractor, EIR/ Hilti / G&Fint, and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.

Os problemas desta tipologia de consumo

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable

Poluição em resultado de acidentes



1º grande acidente:

1967

Costa Sul do Reino Unido

**Torrey Canyon – navio
construído para transportar
60 000t de crude,
posteriormente (mal)
ampliado para transportar o
dobro deste valor!**

Os problemas desta tipologia de consumo

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable

Poluição em resultado de acidentes



outros acidentes:

1978

Costa Sul do Reino Unido

**Amoco Cadiz – navio
construído para transporte
de cerca de 250 000t de crude**

Os problemas desta tipologia de consumo

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable

Poluição em resultado de acidentes

1989, Alaska, Exxon Valdez – derrame de cerca de 100 000m³ de crude

provocou a morte de:

~ 250 000 aves marinhas;

~ 2 800 lontras;

~ 250 águias

~ 22 orcas;

bilhões de ovos de salmão;

...



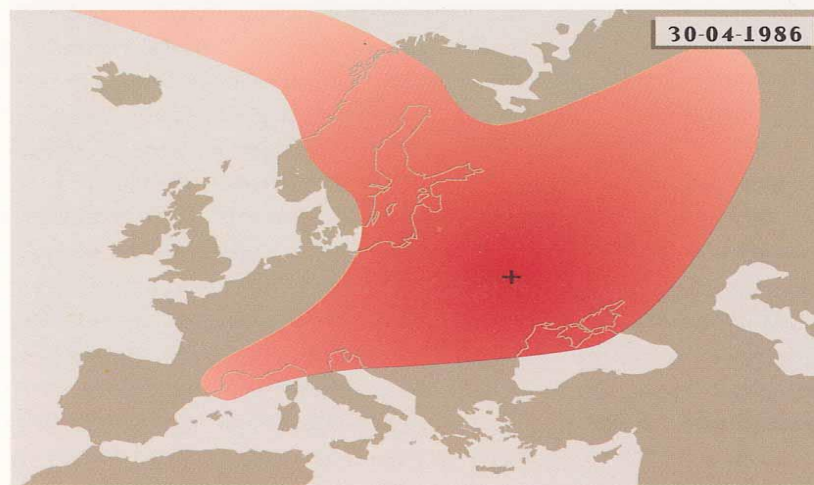
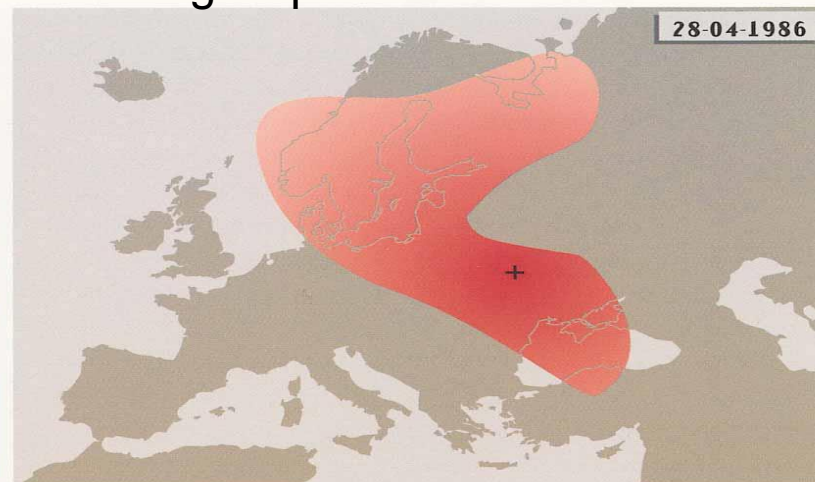
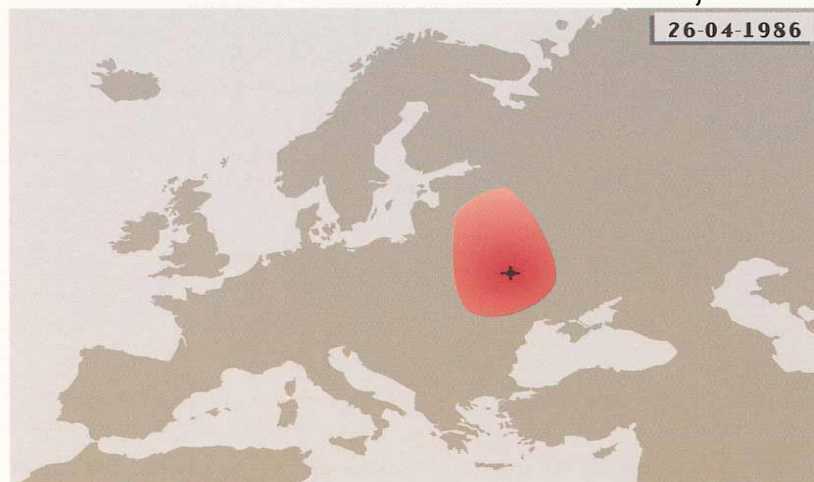
NATIONAL
GEOGRAPHIC

Find more wallpapers at www.nationalgeographic.com
© 2007 National Geographic Society. All rights reserved.

Photograph by Ken Graham/Getty Images

Os problemas desta tipologia de consumo

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable

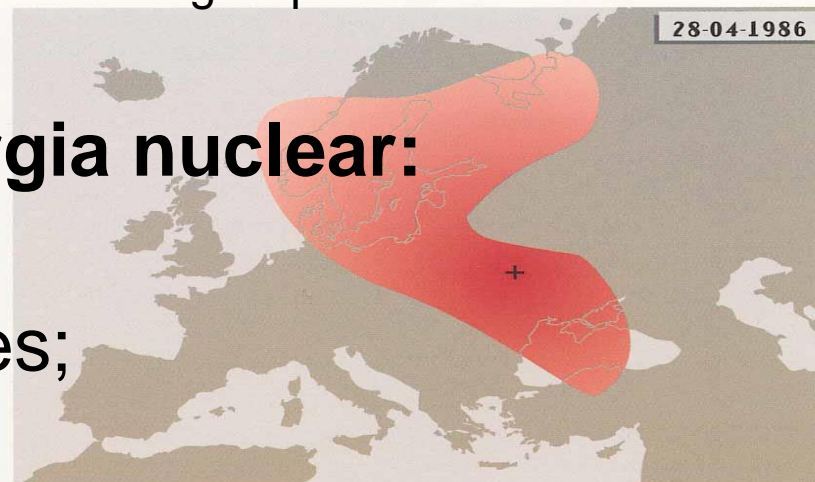


Os problemas desta tipologia de consumo

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable

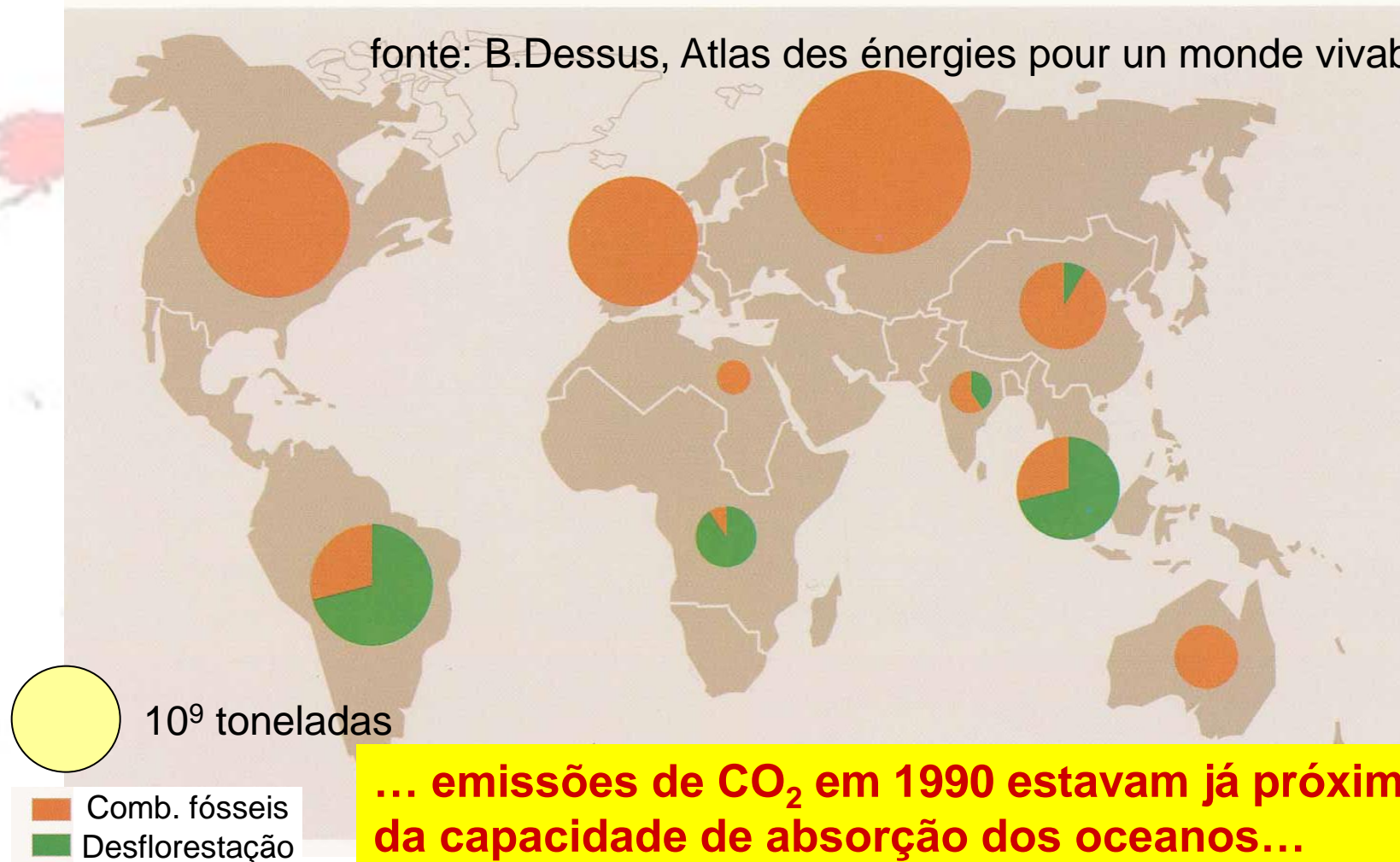
Receios sobre a energia nuclear:

- o perigo de acidentes;
- a proliferação de armas nucleares;
- o problema dos resíduos radioactivos



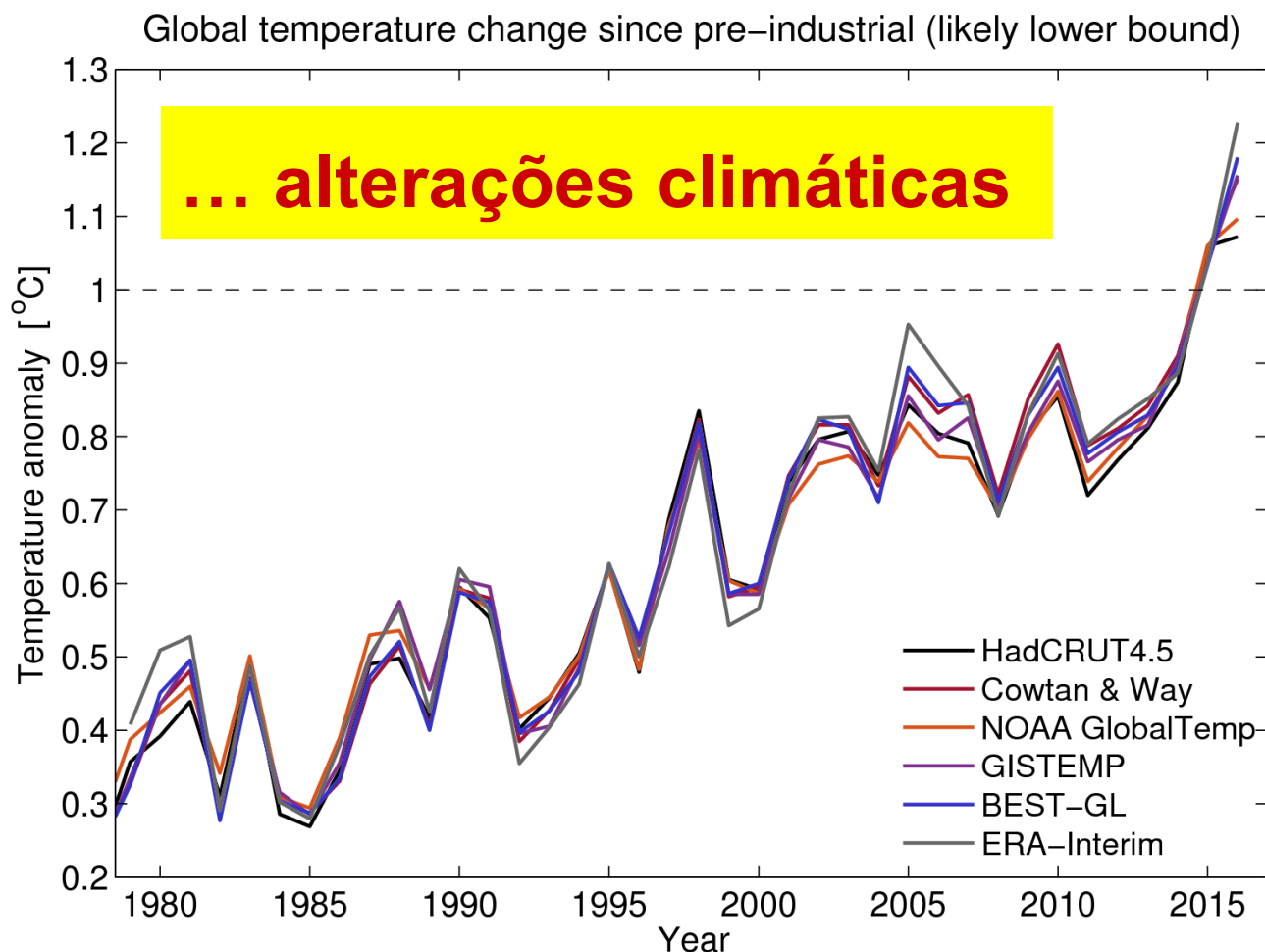
Os problemas desta tipologia de consumo

fonte: B.Dessus, Atlas des énergies pour un monde vivable



... emissões de CO₂ em 1990 estavam já próximas da capacidade de absorção dos oceanos...

Os problemas desta tipologia de consumo



fonte: <https://www.climate-lab-book.ac.uk/2017>

Em resumo

© Original Artist
Reproduction rights obtainable from
www.CartoonStock.com



“This is a good time to be young, son. Look at all the opportunities you have in front of you... you can help solve the problems of the environment, poverty, civil rights, the decay of the cities, overpopulation, violence...”

**Somos os herdeiros
de um planeta
desequilibrado e ávido
de energia...**

**... o desafio da
sustentabilidade
energética está à
nossa frente!**