



Energia e Mudança Climática

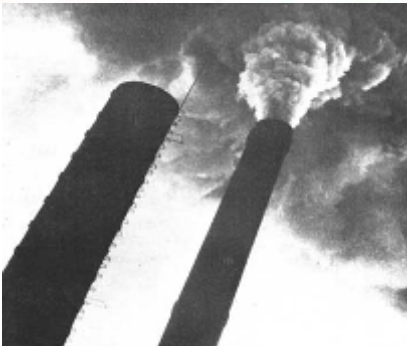
Fatos e Tendências Horizonte 2050

Papel da Geração Elétrica Nuclear



*Leonam dos Santos Guimarães
São Paulo, 20 de maio de 2011*

Três desafios



1

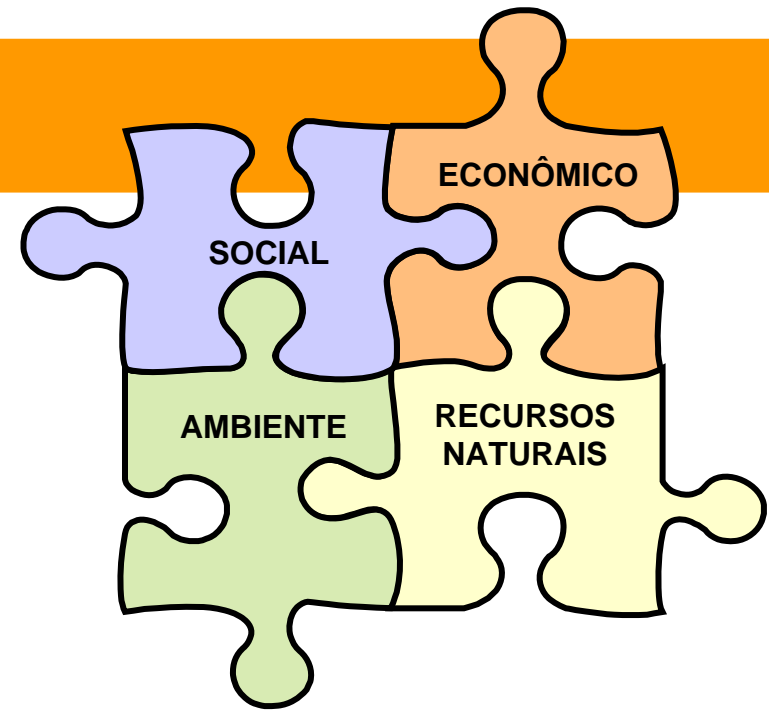
Garantir a disponibilidade de recursos naturais

2

Não ultrapassar os limites suportáveis pela Biosfera em assimilar resíduos e poluição

3

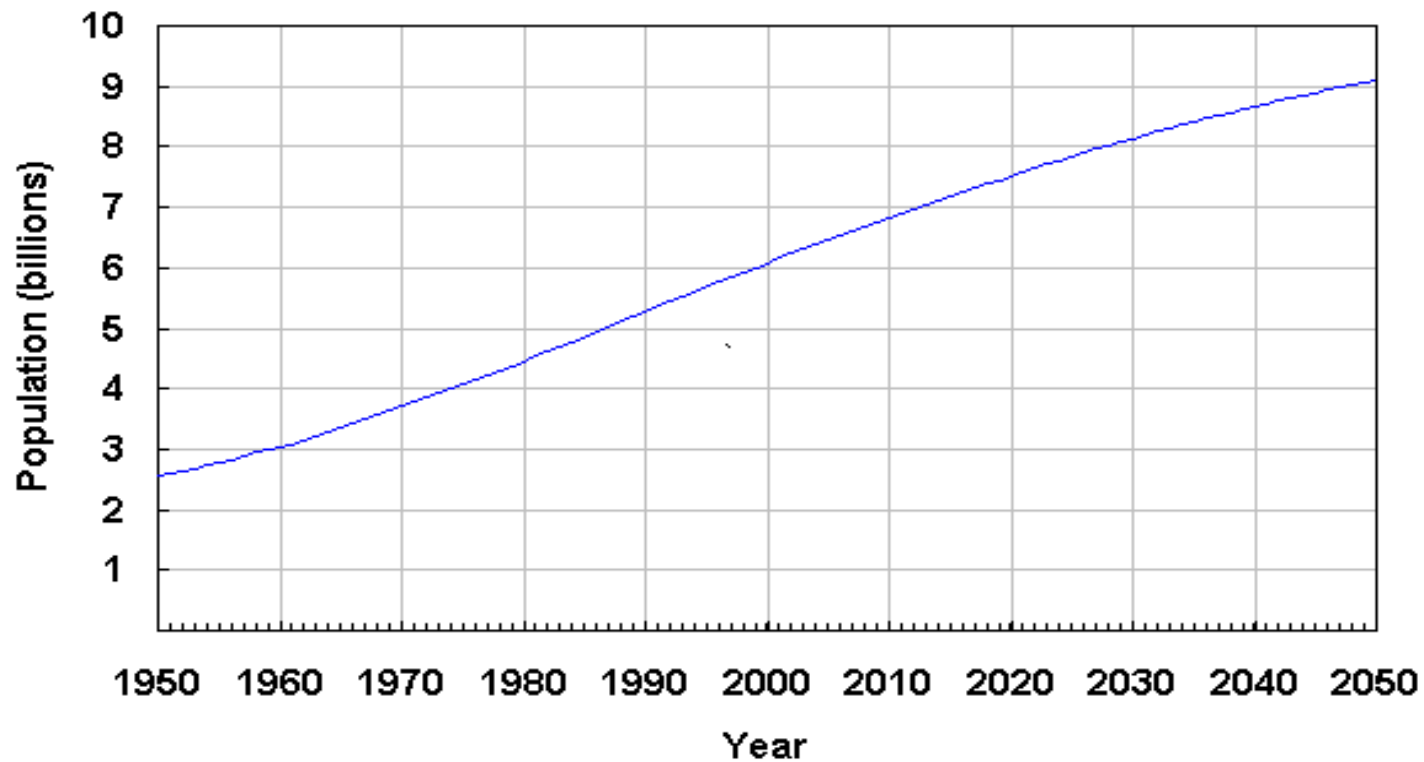
Reduzir a pobreza e desigualdade social





Crescimento da População Mundial

World Population: 1950-2050



Source: U.S. Census Bureau, International Data Base 5-10-00.

Problemas cruciais a serem equacionados

As antigas mitologias descreviam a natureza como composta por 4 elementos básicos

FOGO

ÁGUA

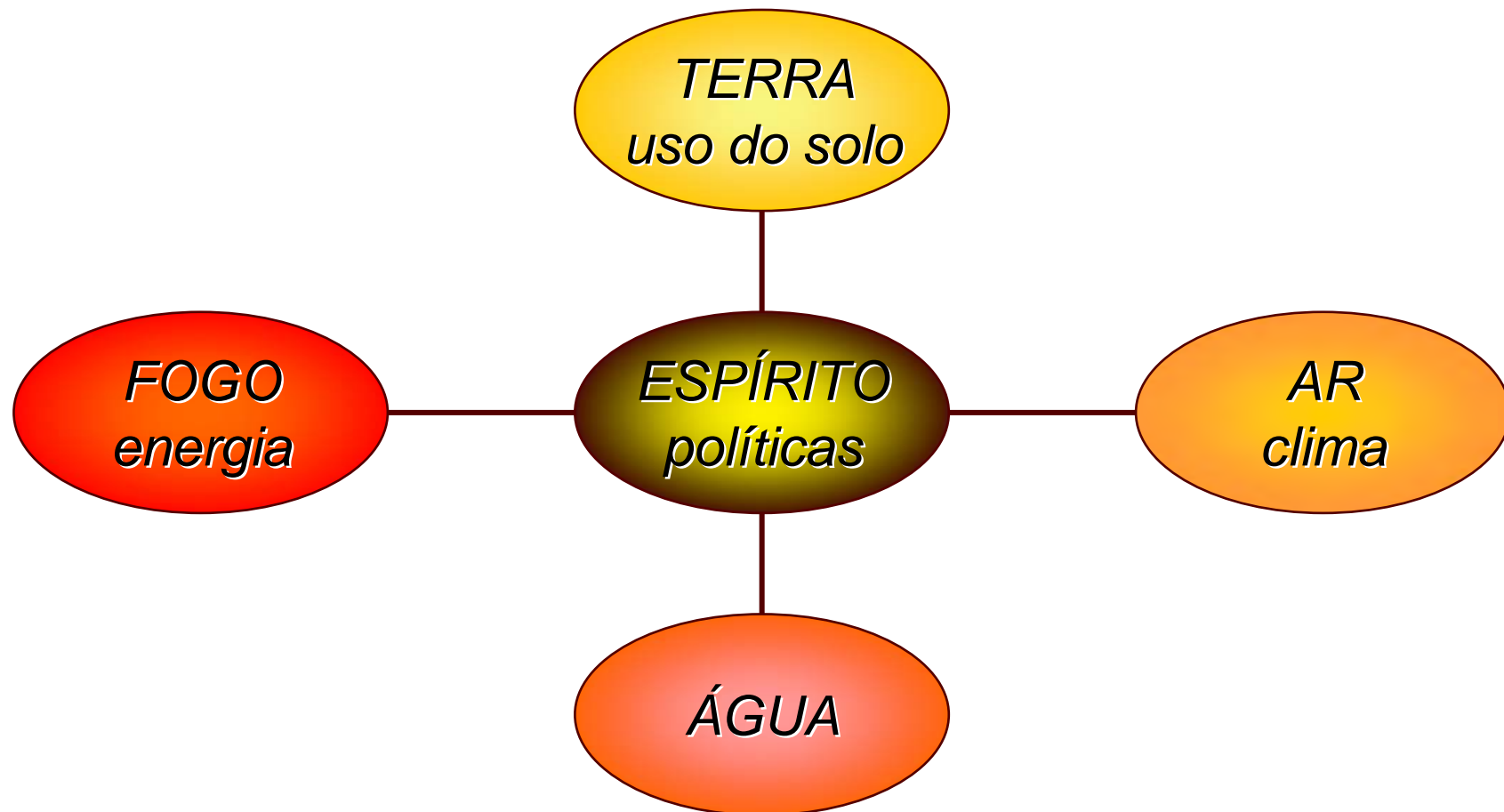
TERRA

AR



Problemas cruciais a serem equacionados

O desenvolvimento sustentável deve ser coerente com essas 4 dimensões



Problemas cruciais a serem equacionados

POBREZA

- ✓ **ENERGIA**
- ✓ **ÁGUA**
- ✓ **ALIMENTO**
- ✓ **MORADIA**

DIREITOS HUMANOS

- ✓ **SAÚDE**
- ✓ **EDUCAÇÃO**
- ✓ **DEMOCRACIA**
- ✓ **TERRORISMO**
- ✓ **GUERRA**

MEIO-AMBIENTE

- ✓ **RECURSOS**
- ✓ **SERVIÇOS**



Fatos e Tendências

1 Crescimento, Desenvolvimento e demanda por energia

- Energia é o combustível do crescimento e um requisito essencial para o desenvolvimento econômico e social.
- A demanda por energia poderá dobrar ou triplicar em 2050 em função do desenvolvimento.

2 Consumo de energia e impactos sobre o clima

- A concentração de CO₂ na atmosfera está aumentando. A temperatura global também.
- Se começarmos a gerenciar emissões de GEE hoje, podemos limitar as mudanças climáticas

3 A dinâmica das mudanças tecnológicas

- A mudança tecnológica é um processo lento, medido em décadas.
- Infra-estruturas de larga escala como sistemas de transporte e energia podem levar até um século para serem totalmente modificados.

4 Reformulando nosso futuro energético

- Em 2050 a demanda por energia será muito maior, mas as emissões globais de GEE não podem ser maiores do que as atuais e tendendo para baixo.

- ***Não existe uma única solução .***

Acima de tudo, nós precisamos começar agora.



Fatos e Tendências - seção 1

1 **Crescimento, Desenvolvimento e demanda por energia**

- Energia é o combustível do crescimento e um requisito essencial para o desenvolvimento econômico e social.
- A demanda por energia poderá dobrar ou triplicar em 2050 em função do desenvolvimento.

2 **Consumo de energia e impactos sobre o clima**

- A concentração de CO₂ na atmosfera está aumentando. A temperatura global também.
- Se começarmos a gerenciar emissões de GEE hoje, podemos limitar as mudanças climáticas

3 **A dinâmica das mudanças tecnológicas**

- A mudança tecnológica é um processo lento, medido em décadas.
- Infra-estruturas de larga escala como sistemas de transporte e energia podem levar até um século para serem totalmente modificados.

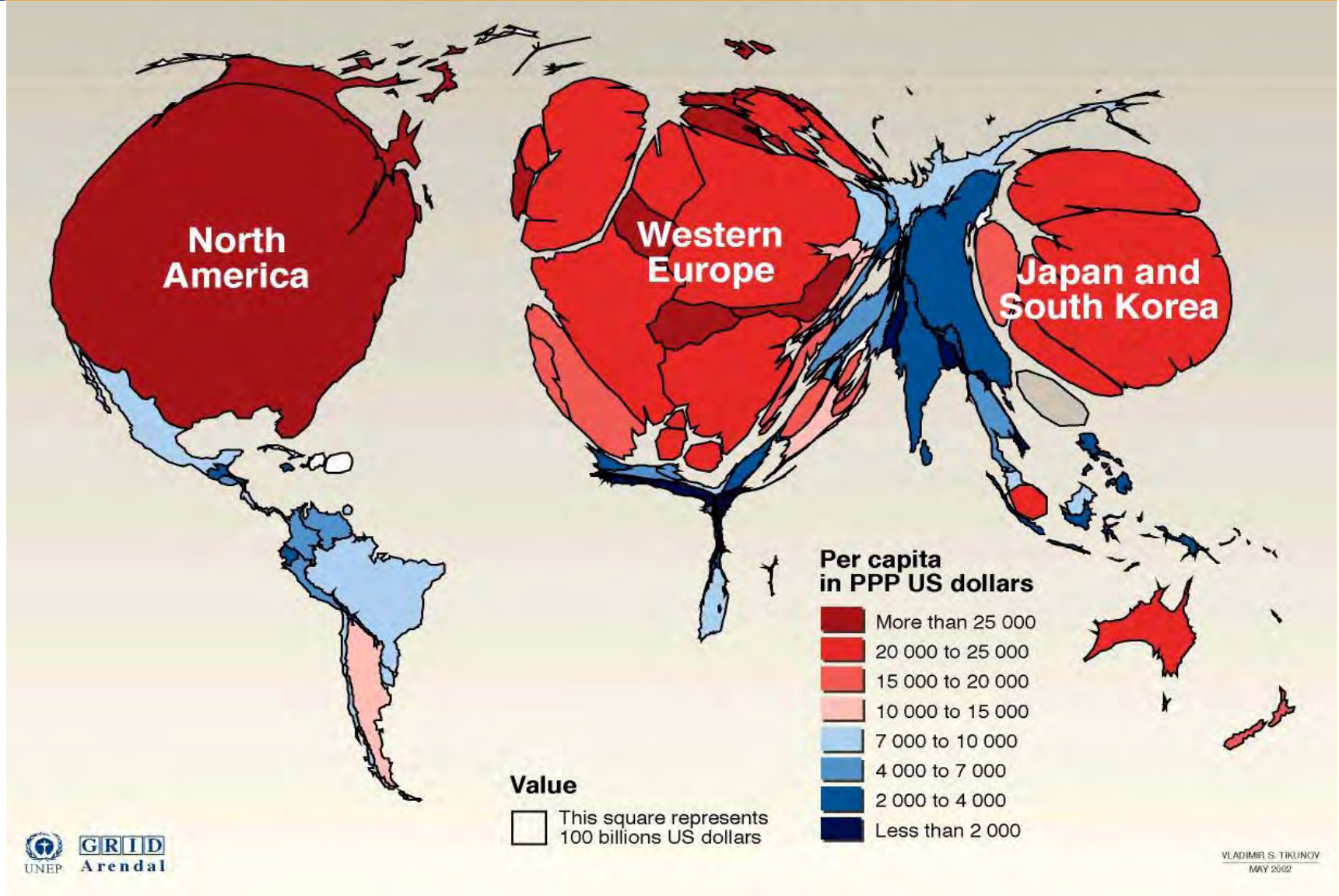
4 **Reformulando nosso futuro energético**

- Em 2050 a demanda por energia será muito maior, mas as emissões globais de GEE não podem ser maiores do que as atuais e tendendo para baixo.
- Não existe uma única solução .

Acima de tudo, nós precisamos começar agora.



Produto Nacional Bruto por habitante (PPP)

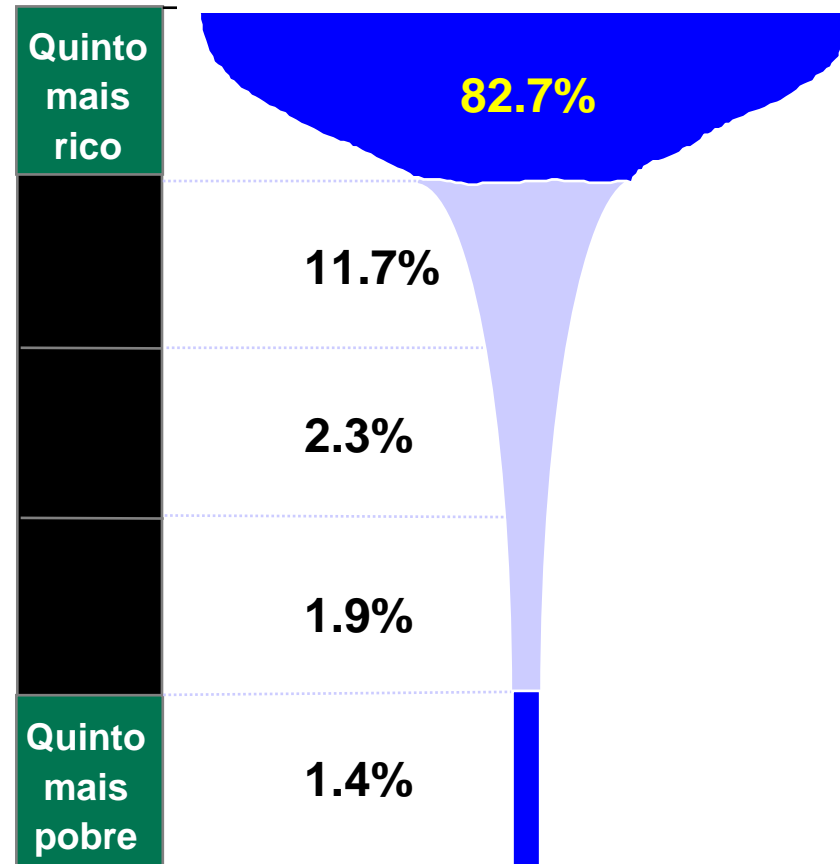




Produto Nacional Bruto por habitante (PPP)

- 1.3 bilhão de pessoas vivem na pobreza absoluta, com renda inferior a U\$1/day (World Bank)
- 841 milhão de pessoas nos países em desenvolvimento sofrem de desnutrição (UN Food and Agriculture Organization)
- Cerca de 1 bilhão de pessoas ou não podem trabalhar ou trabalham em ocupações que não lhes permitem sustentar sua família (International Labor Organization)

Distribuição do Produto Bruto Mundial

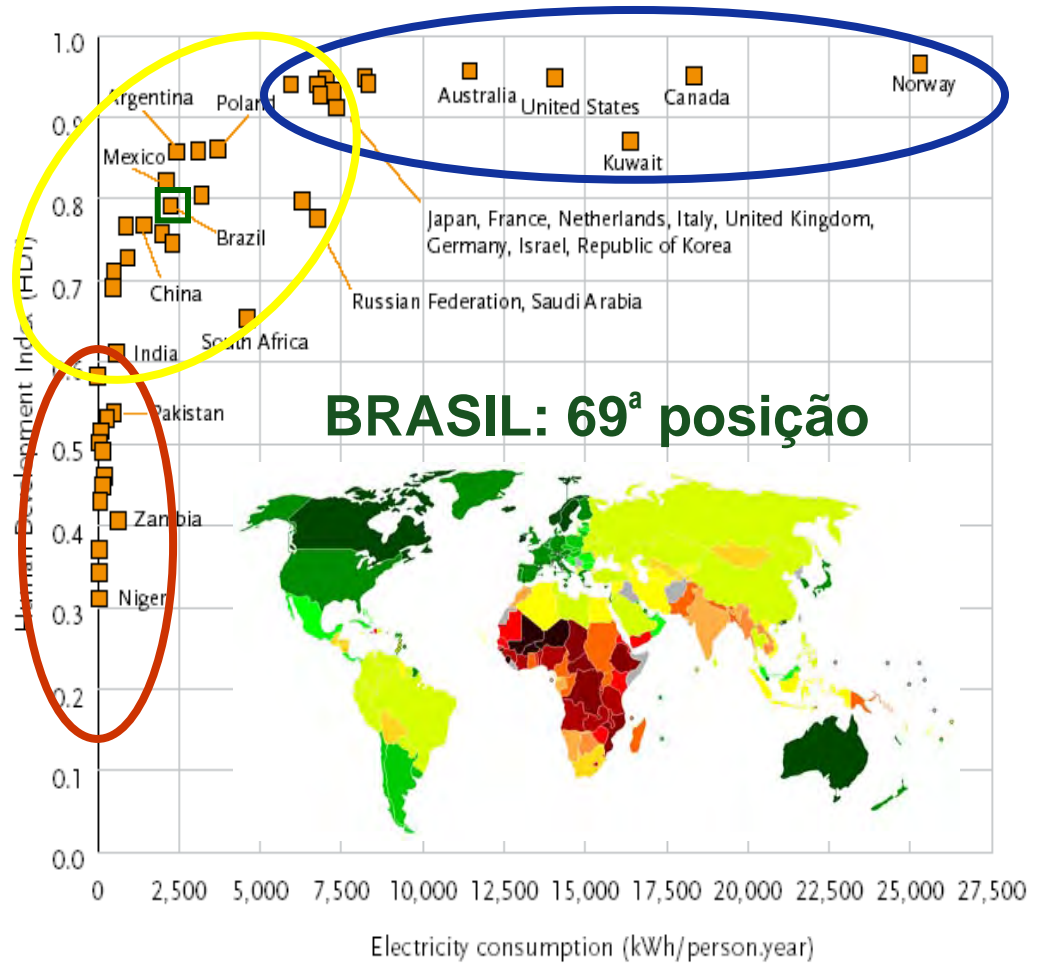
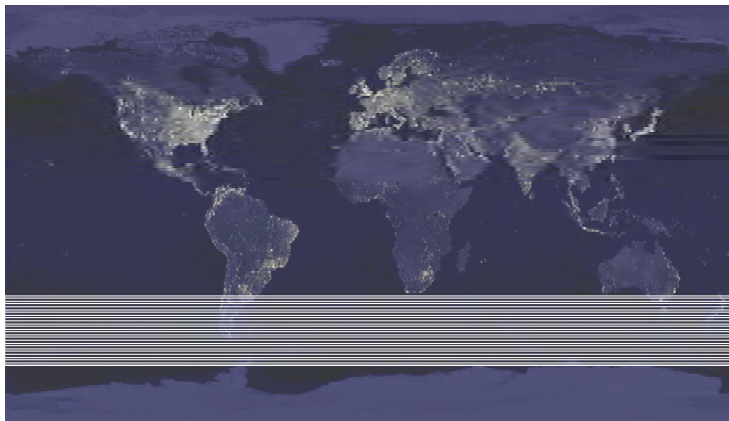


(UNDP, Human Development Report 2010)



Eletricidade e Desenvolvimento humano

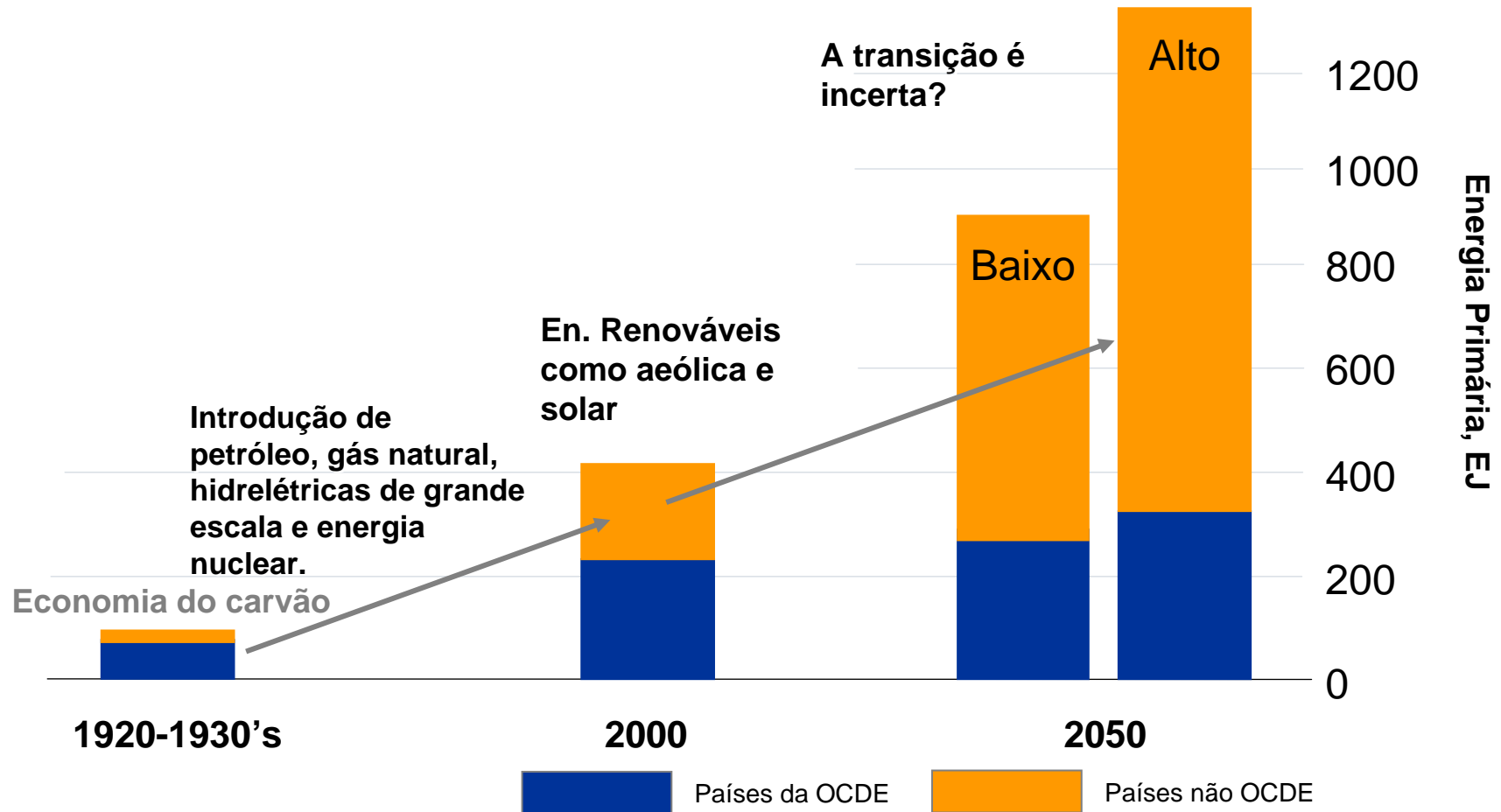
BRASIL: 90ª posição



Fonte: Lighting the way, InterAcademy Council, 2007



Como evoluirá a matriz energética global?

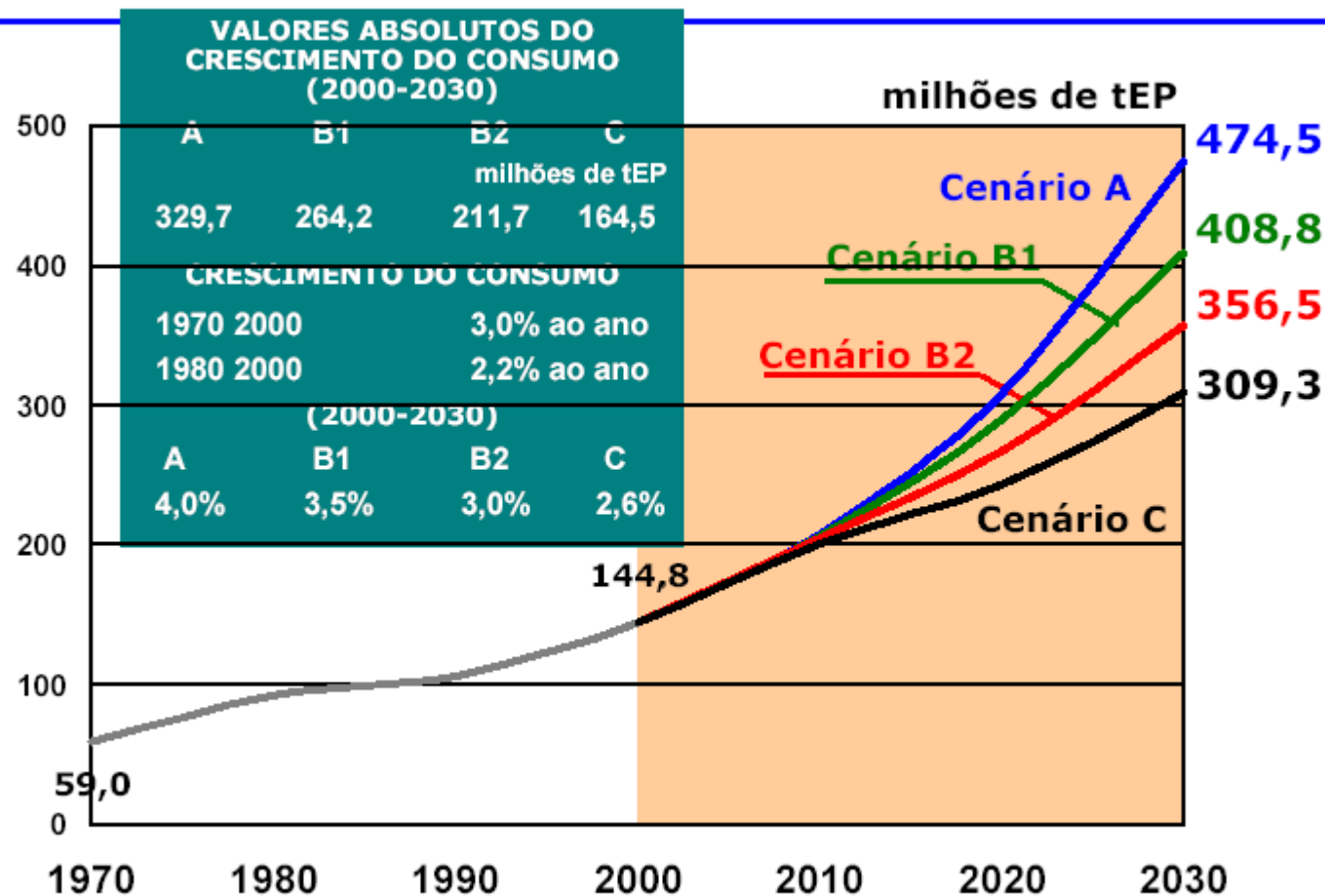




Como evoluirá a matriz energética brasileira?



Consumo final de energia: evolução

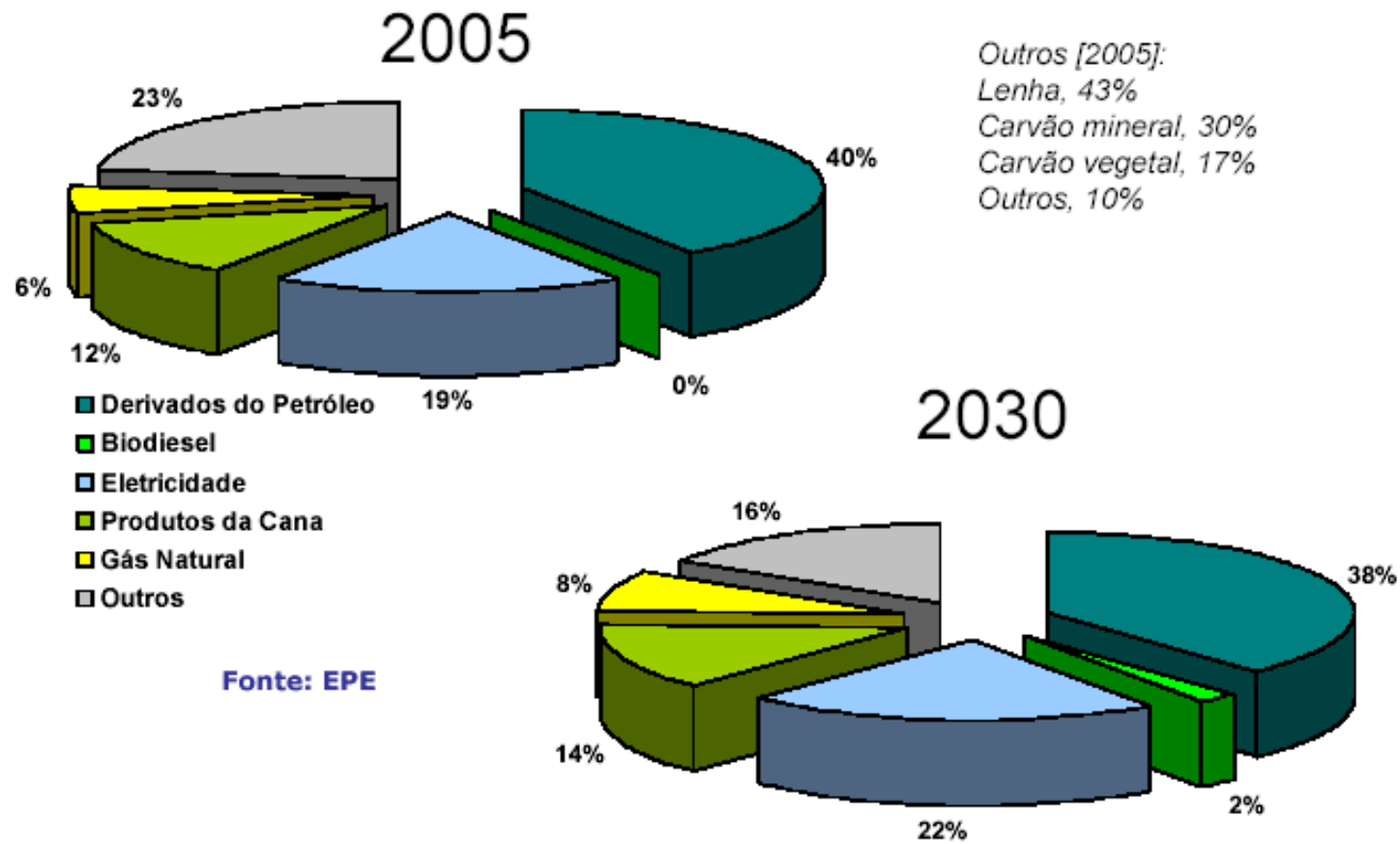


Fonte: EPE

Obs.: exclusive consumo não energético e consumo do setor energético



Como evoluirá a matriz energética brasileira?



Obs.: exclusive consumo não energético e consumo do setor energético



Crescimento, Desenvolvimento e Demanda por Energia

População Mundial separada por grupos de renda:

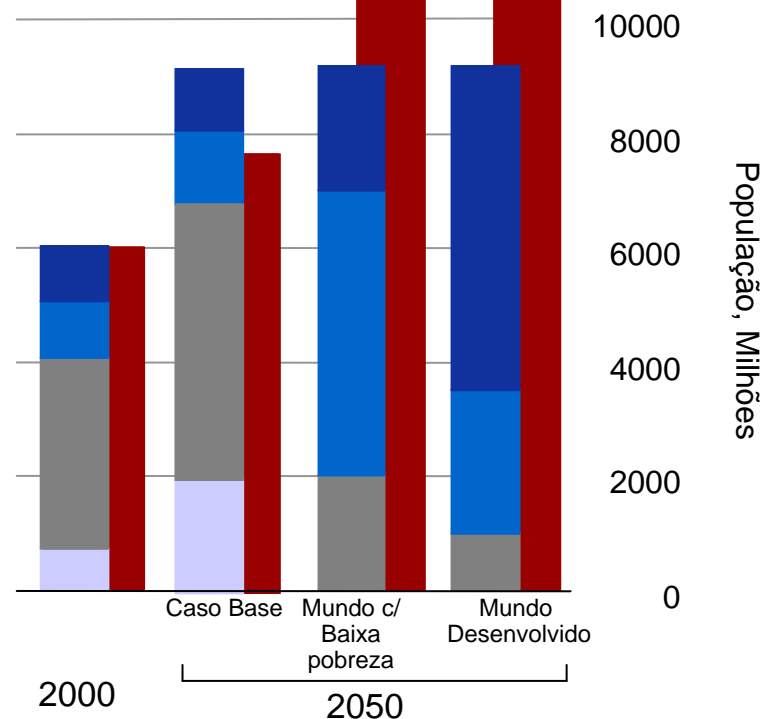
- Pobres (PIB < \$1,500)
- Em Desenvolvimento (PIB < \$5,000)
- Emergentes (PIB < \$12,000)
- Desenvolvidos (PIB > \$12,000)

- Energia Primária
- Desenvolvidos (PIB > \$12,000)
- Emergentes (PIB < \$12,000)
- Em Desenv. (PIB < \$5,000)
- Pobres (PIB < \$1,500)

Em 2050, espera-se que a população mundial chegue a 9 bilhões, principalmente pelo crescimento demográfico dos países não desenvolvidos.

Um padrão de desenvolvimento capaz de criar um mundo com baixa pobreza significará a duplicação da demanda por energia em 2050

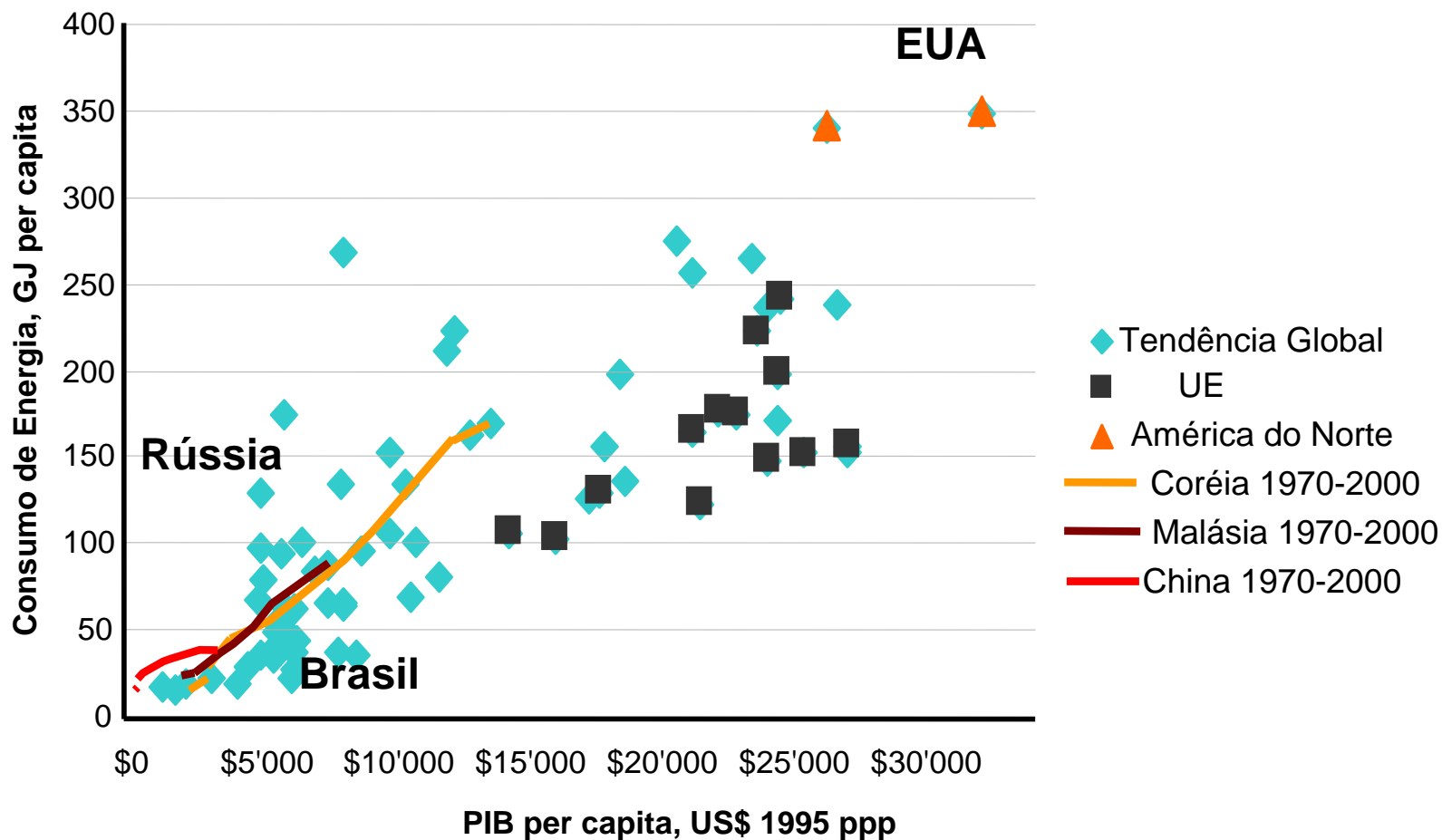
Um padrão de desenvolvimento capaz de criar um mundo desenvolvido significará a triplicação da demanda por energia em 2050





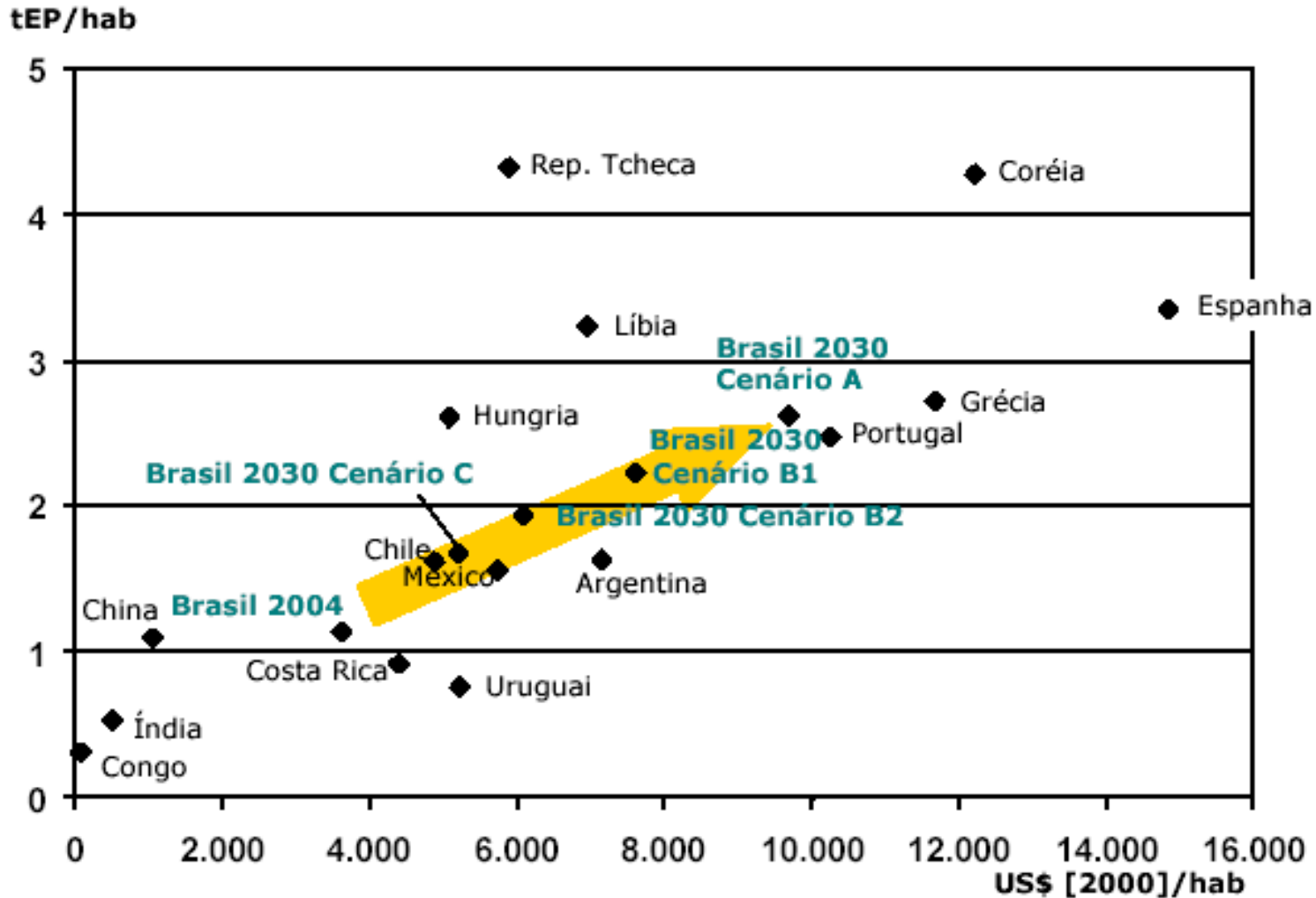
Crescimento, Desenvolvimento e Demanda por Energia

Premissa Básica – Forte correlação entre crescimento e Consumo de energia





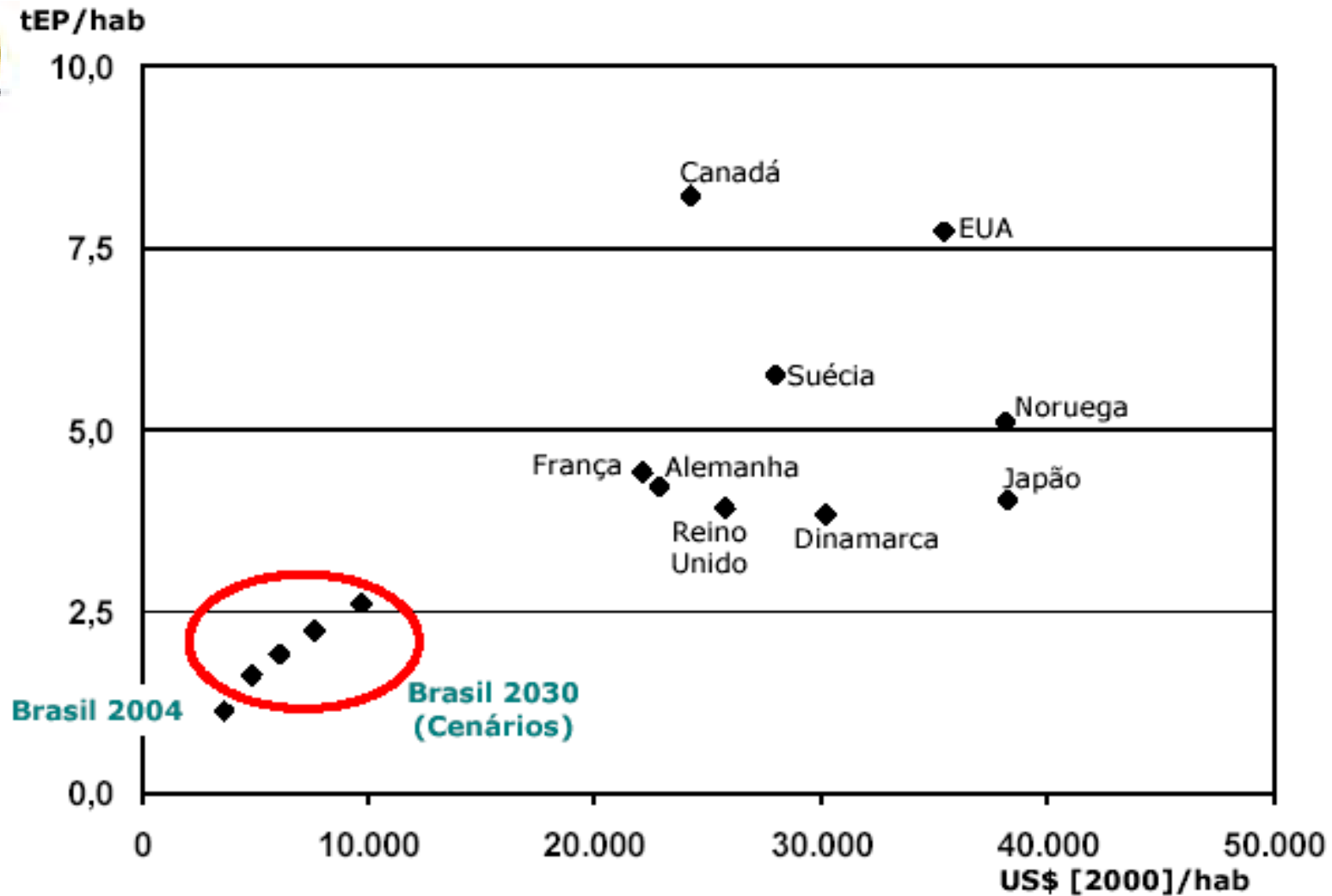
Crescimento, Desenvolvimento e Demanda por Energia no Brasil



Dados referentes ao ano de 2003. Fonte: EPE, a partir de AIE, 2005



Crescimento, Desenvolvimento e Demanda por Energia no Brasil



Dados referentes ao ano de 2003. Fonte: EPE, a partir de AIE, 2005



Fatos e Tendências – seção 2

1 **Crescimento, Desenvolvimento e demanda por energia**

- Energia é o combustível do crescimento e um requisito essencial para o desenvolvimento econômico e social.
- A demanda por energia poderá dobrar ou triplicar em 2050 em função do desenvolvimento.

2 **Consumo de energia e impactos sobre o clima**

- A concentração de CO₂ na atmosfera está aumentando. A temperatura global também.
- Se começarmos a gerenciar emissões de GEE hoje, podemos limitar as mudanças climáticas

3 **A dinâmica das mudanças tecnológicas**

- A mudança tecnológica é um processo lento, medido em décadas.
- Infraestruturas de larga escala como sistemas de transporte e energia podem levar até um século para serem totalmente modificados.

4 **Reformulando nosso futuro energético**

- Em 2050 a demanda por energia será muito maior, mas as emissões globais de GEE não podem ser maiores do que as atuais e tendendo para baixo.
- Não existe uma única solução .

Acima de tudo, nós precisamos começar agora.

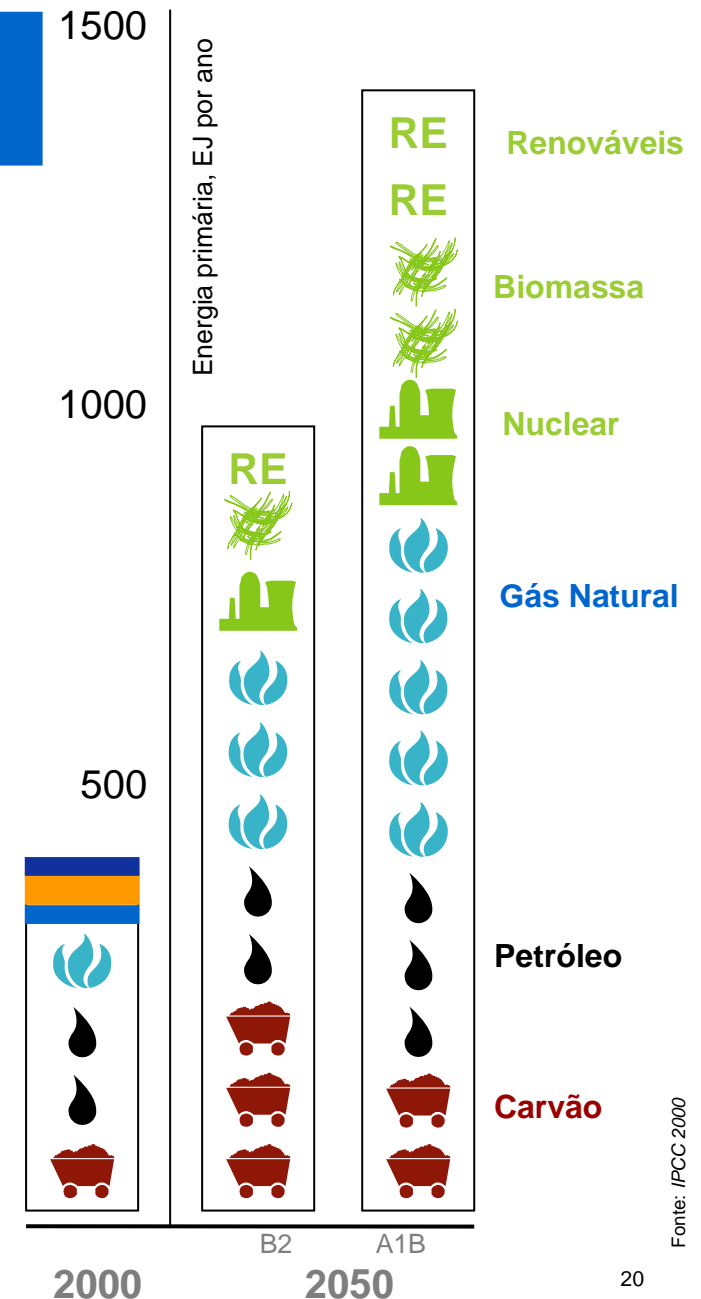


Os Cenários do IPCC

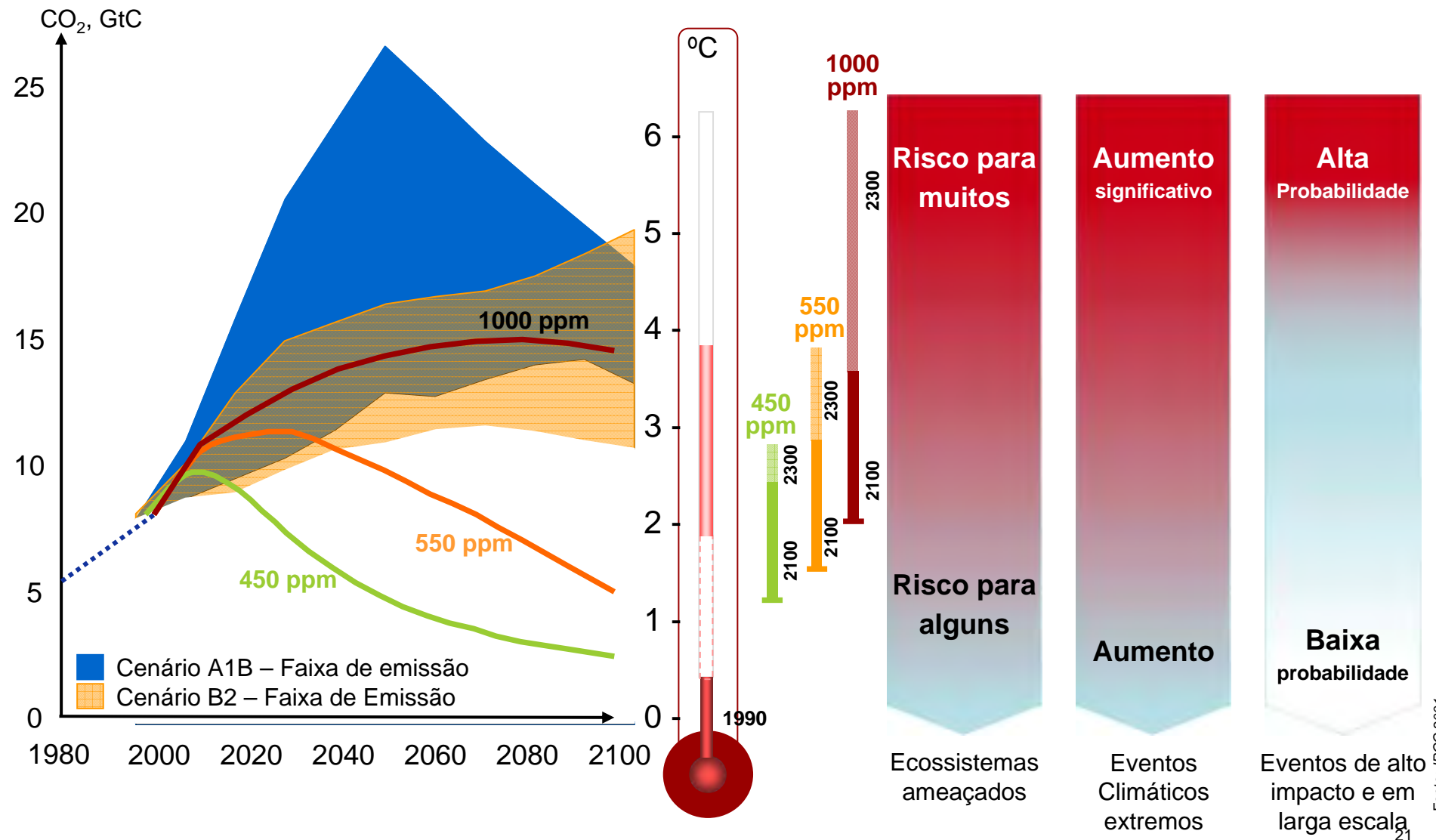
- Existem diversos cenários desenvolvidos pelo IPCC, cada um baseado em modelos distintos.
- A1B e B2 consideram o crescimento populacional e as metas de desenvolvimento gerando os casos do mundo com baixa pobreza e do mundo próspero.

IPCC B2, cenário de consumo menor de energia, reflete um crescimento econômico moderado com ênfase em soluções sustentáveis locais. Neste mundo as mudanças tecnológicas são mais lentas e diversas.

IPCC A1B, cenário de alto consumo energético, descreve um mundo com crescimento econômico acelerado e rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes.



Existe limite aceitável para emissões de CO₂ ?





Adaptação às Mudanças Climáticas



Os impactos no sistema climático serão significativos mesmo num nível de estabilização factível. Portanto, a adaptação a mudança do clima tem que fazer parte de qualquer estratégia futura.

Exemplos de Medidas de Adaptação:

- Defesa contra enchentes em regiões vulneráveis como Flórida e Bangladesh;
- Planos de desocupação para ilhas como as Maldivas;
- Gestão de recursos hídricos para enfrentamento das mudanças nos padrões de precipitação (ex. Aquedutos)



Fatos e Tendências - seção 3

1 Crescimento, Desenvolvimento e demanda por energia

- Energia é o combustível do crescimento e um requisito essencial para o desenvolvimento econômico e social.
- A demanda por energia poderá dobrar ou triplicar em 2050 em função do desenvolvimento.

2 Consumo de energia e impactos sobre o clima

- A concentração de CO₂ na atmosfera está aumentando. A temperatura global também.
- Se começarmos a gerenciar emissões de GEE hoje, podemos limitar as mudanças climáticas

3 A dinâmica das mudanças tecnológicas

- A mudança tecnológica é um processo lento, medido em décadas.
- Infraestruturas de larga escala como sistemas de transporte e energia podem levar até um século para serem totalmente modificados.

4 Reformulando nosso futuro energético

- Em 2050 a demanda por energia será muito maior, mas as emissões globais de GEE não podem ser maiores do que as atuais e tendendo para baixo.
- Não existe uma única solução .

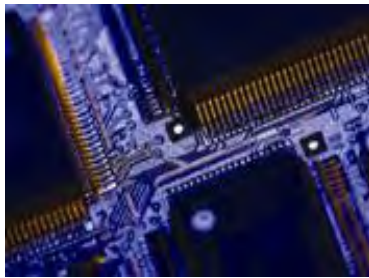
Acima de tudo, nós precisamos começar agora.



Tudo vai mudar no futuro próximo ?



Muitos defendem que uma revolução em nossa matriz energética é a única solução para a ameaça do aquecimento global. Porém:



- As principais transformações **em nível global levarão tempo** para se processar

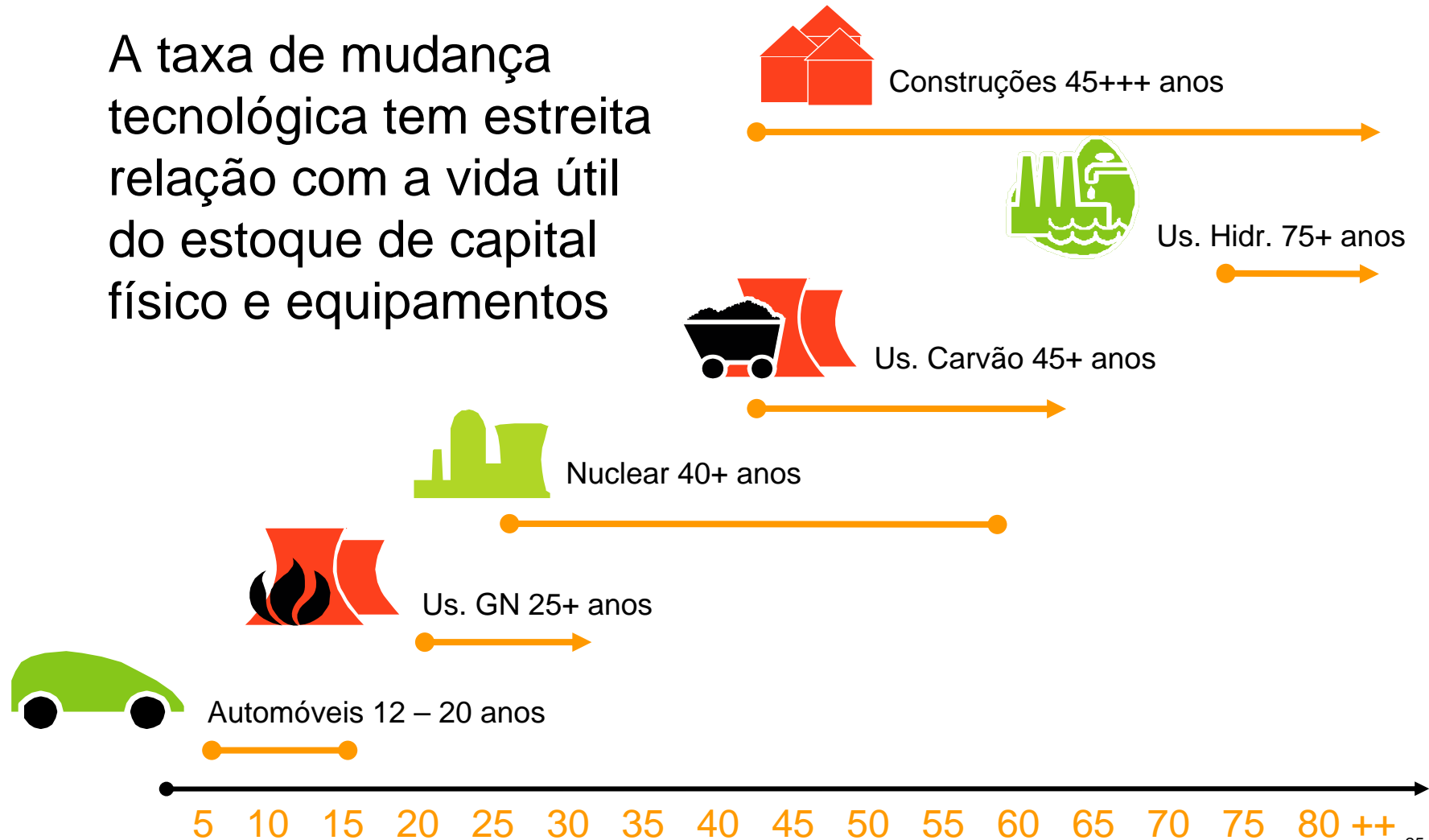


- A velocidade da **difusão tecnológica** depende de muitos fatores.



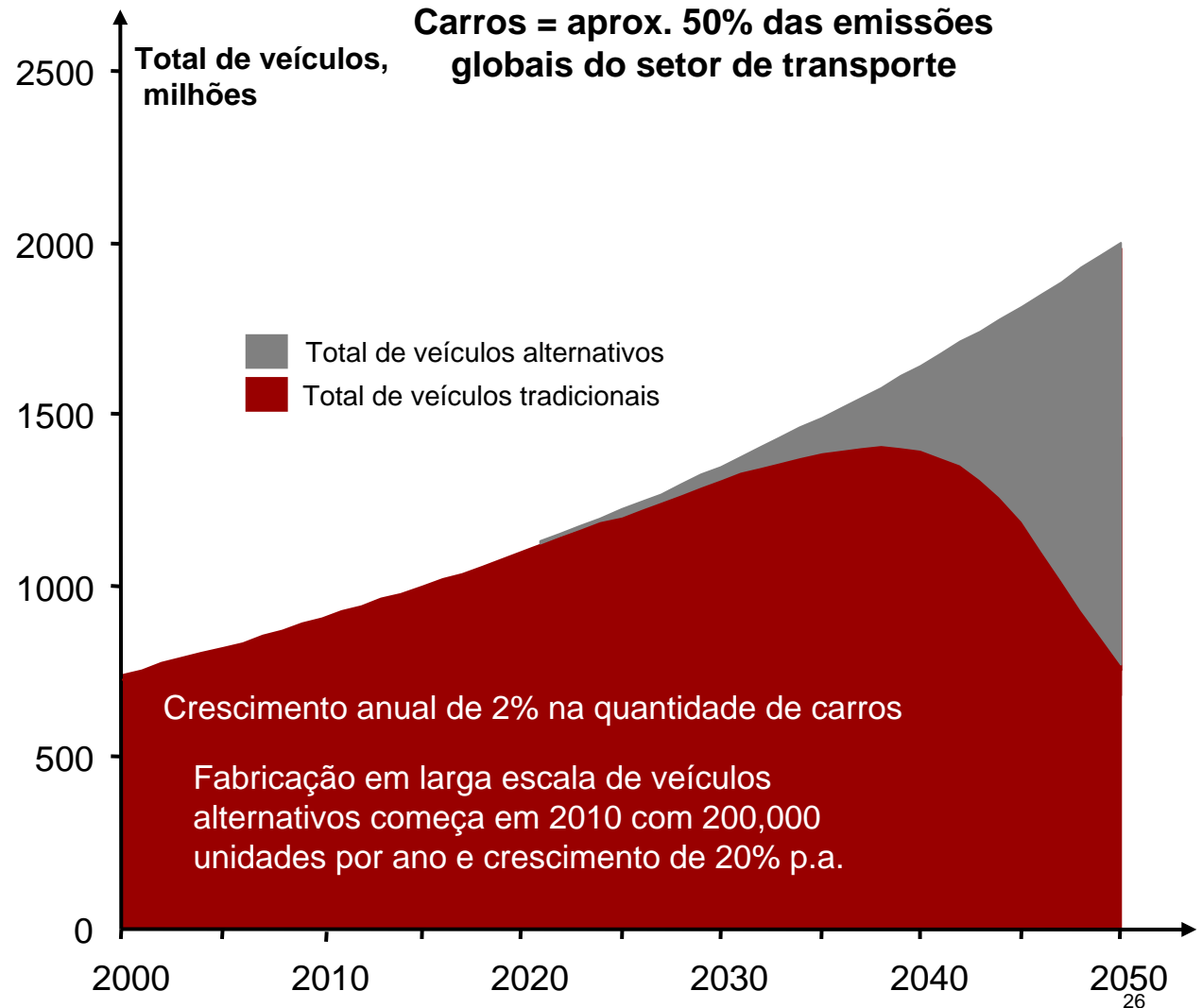
Vida útil da matriz energética

A taxa de mudança tecnológica tem estreita relação com a vida útil do estoque de capital físico e equipamentos





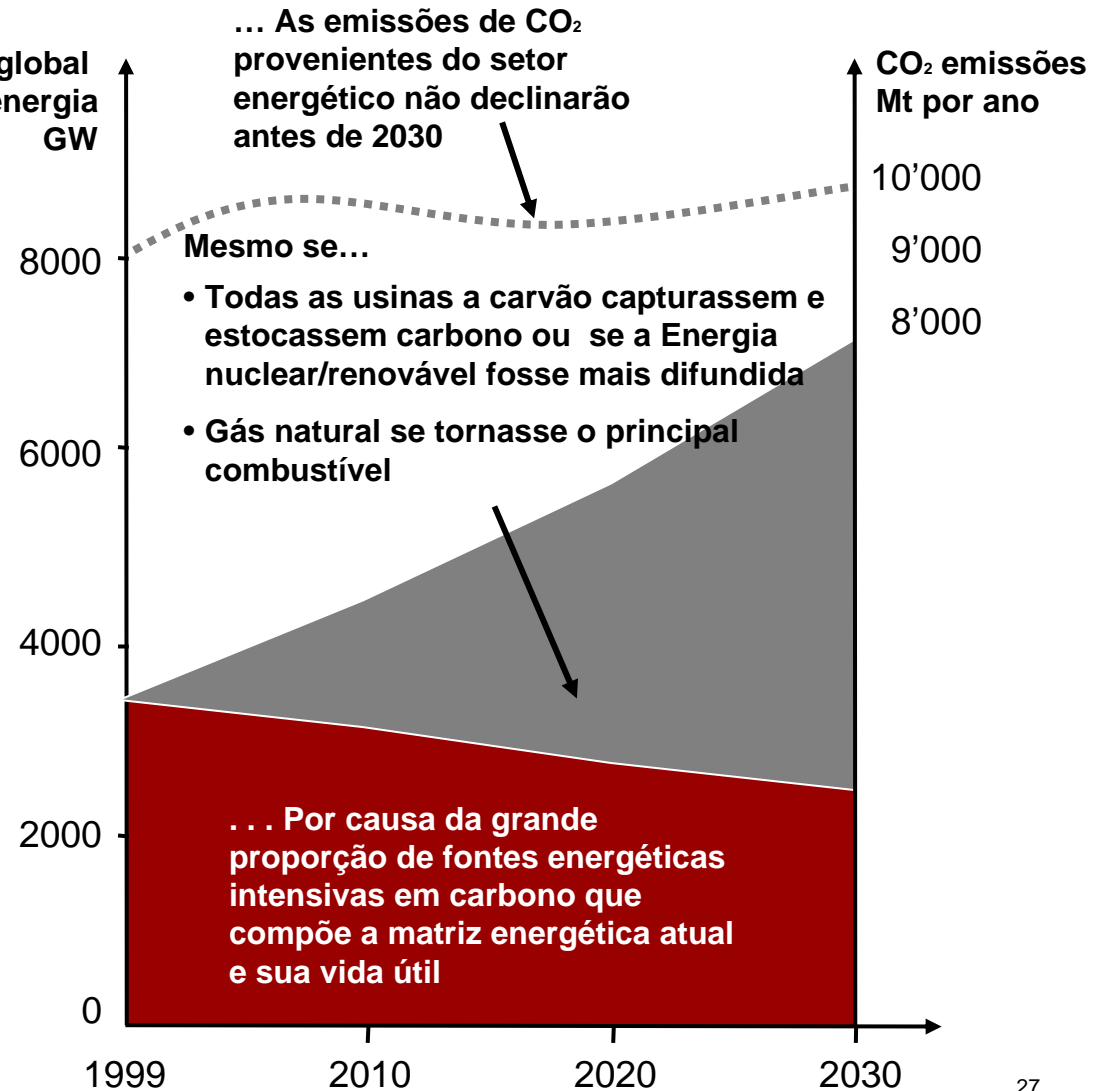
Estudo de caso 1: Setor de transporte



Estudo de caso 2: Setor energético



Capacidade instalada global de geração de energia GW



■ Capacidade adicional necessária
■ Capacidade atual declinando



Fatos e Tendência - seção 4

1 Crescimento, Desenvolvimento e demanda por energia

- Energia é o combustível do crescimento e um requisito essencial para o desenvolvimento econômico e social.
- A demanda por energia poderá dobrar ou triplicar em 2050 em função do desenvolvimento.

2 Consumo de energia e impactos sobre o clima

- A concentração de CO₂ na atmosfera está aumentando. A temperatura global também.
- Se começarmos a gerenciar emissões de GEE hoje, podemos limitar as mudanças climáticas

3 A dinâmica das mudanças tecnológicas

- A mudança tecnológica é um processo lento, medido em décadas.
- Infraestruturas de larga escala como sistemas de transporte e energia podem levar até um século para serem totalmente modificados.

4 Reformulando nosso futuro energético

- Em 2050 a demanda por energia será muito maior, mas as emissões globais de GEE não podem ser maiores do que as atuais e tendendo para baixo.
- **Não existe uma única solução .**

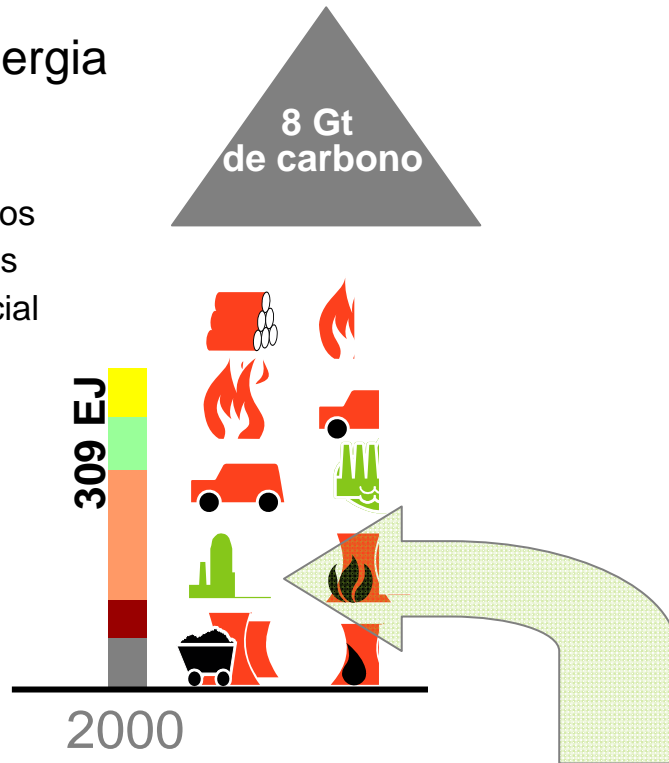
Acima de tudo, nós precisamos começar agora.



Matriz Energética atual

Fonte Final de Energia

- Eletricidade
- Gás
- Combustíveis Líquidos
- Combustíveis Sólidos
- Biomassa N-Comercial



- Queima direta de combustível 3-4 Gt
- 800 milhões de veículos 1+ Gt
- 700+ Termelétricas a Carvão 1.5 Gt
- Biomassa não comercial 1 Gt
- 800 termelétricas a gás e óleo 0.7 Gt
- Tecnologias Neutras 0 Gt**

8.0 Gt



25EJ/ano de En. solar



500,000 Turbinas aeólicas de 5MW



1000 Term. Carvão de 1GW



1000 Term. de carvão de 1GW com captura e sequestro



1000 Term. de 1GW de óleo diesel



1000 Term. de 1GW a gás natural



1000 Usinas Nucleares de 1GW



1000 Usinas hidro, maré, geotérmica de 1GW



500 milhões de veículos bi-combustíveis



500 milhões de veículos de bio-combustíveis



50EJ Combustíveis não comerciais (madeira)



100 EJ Combustível para uso direto



EMISSÕES DE CO2 EVITADAS NO BRASIL (2000 – 2006):

Impacto Direto da Geração Nuclear no Brasil sobre Emissões de Efeito Estufa,
Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman, Olga Mafra, Omar Campos Ferreira e Rafael Macêdo
Economia & Energia Ano XI-No 63 Agosto - Setembro 2007 ISSN 1518-2932 - <http://ecen.com/>



GERAÇÃO HIDRELÉTRICA:
1.677 milhões de toneladas de CO2



ÁLCOOL COMBUSTÍVEL:
165 milhões de toneladas de CO2



GERAÇÃO NUCLEOELÉTRICA:
63 milhões de toneladas de CO2



38%



25EJ/ano
de En.
solar



500,000
Turbinas
aélicas de
5MW



1000 Term.
Carvão de
1GW



1000 Term.
de carvão de
1GW com
captura e
sequestro



1000 Term.
de 1GW de
óleo diesel



1000
Term.de
1GW a gás
natural



**1000
Usinas
Nucleares
de 1GW**



1000 Usinas
hidro, maré,
geotérmica
de 1GW



500 milhões
de veículos
bi-
combustíveis



500 milhões
de veículos
de bio-
combustíveis



50EJ
Combustível
is não
comerciais
(madeira)



100 EJ
Combustível
para uso direto



A geração elétrica nuclear é neutra!

- A operação de uma usina nuclear de 1,3 GW durante um ano (80% de fator de capacidade) se faz com a reposição de 54 t de combustível (urânio enriquecido) que é um terço de sua carga total e o volume desta terça parte é cerca de 50 m³).
- A geração de igual quantidade de eletricidade (cerca de 9 TWh) produziria cerca de 2 a 3 milhões de toneladas/ano de CO₂ (usina de GN ou carvão) despejando um volume aproximado de a 1 a 1,5 bilhões de m³ na atmosfera.
- Ou seja, existe uma relação de cerca de 50 mil entre as massas de rejeitos de uma usina térmica e uma nuclear.



25EJ/ano
de En.
solar



500,000
Turbinas
aélicas de
5MW



1000 Term.
Carvão de
1GW



1000 Term.
de carvão de
1GW com
captura e
sequestro



1000 Term.
de 1GW de
óleo diesel



1000
Term.de
1GW a gás
natural



**1000
Usinas
Nucleares
de 1GW**



1000 Usinas
hidro, maré,
geotérmica
de 1GW



500 milhões
de veículos
bi-
combustíveis



500 milhões
de veículos
de bio-
combustíveis



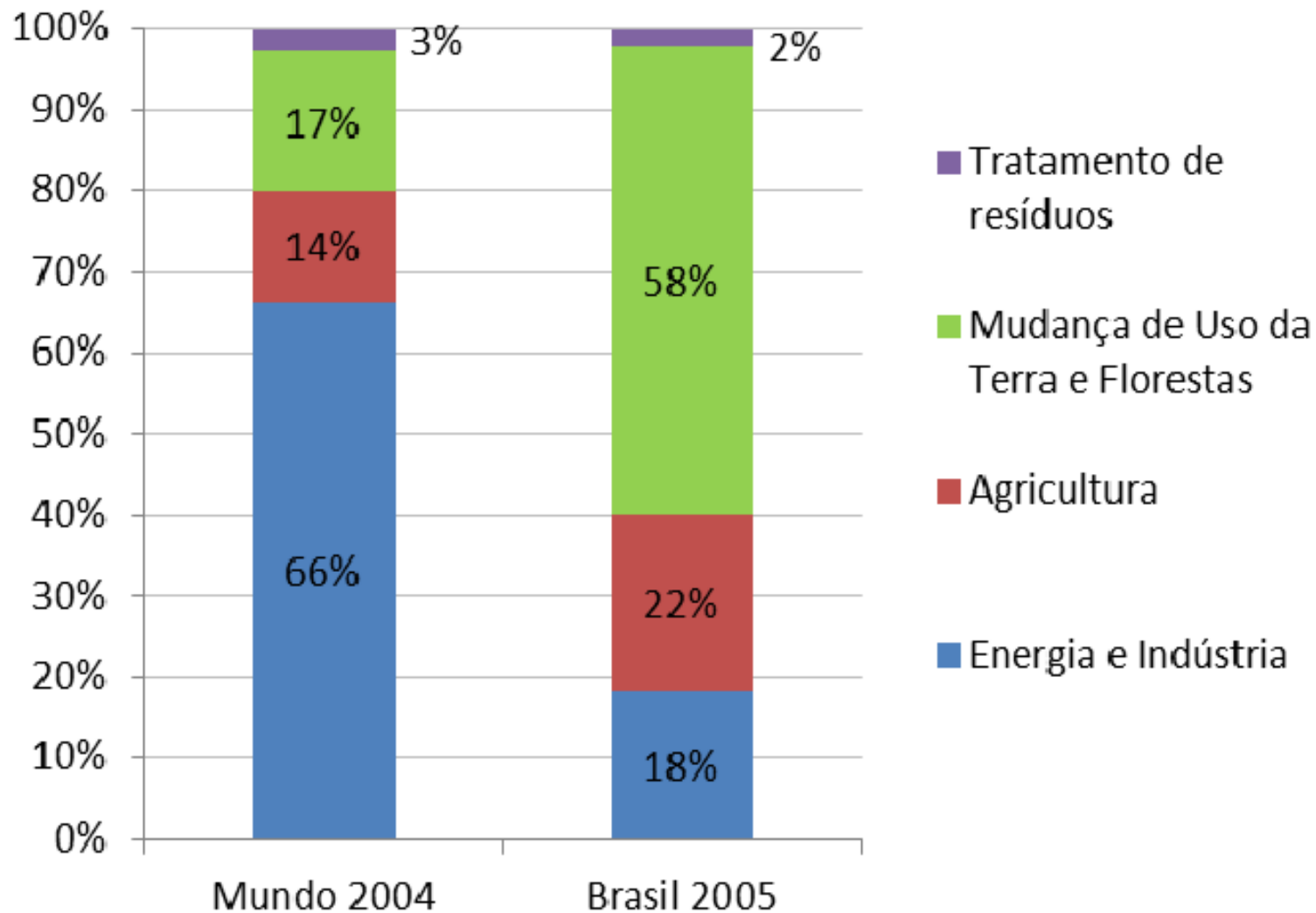
50EJ
Combustível
is não
comerciais
(madeira)



100 EJ
Combustível
para uso direto



EMISSÕES DE CO2 NO BRASIL





DESAFIOS PARA O FUTURO

geração térmica: 20% das emissões

geração nuclear e hídrica: não provocam emissões

MUDANÇA CLIMÁTICA
+ SEGURANÇA DE ABASTECIMENTO
+ VOLATILIDADE DE PREÇOS

Fotos: NASA

Ciclone Catarina que se formou no sul do Atlântico em 2004

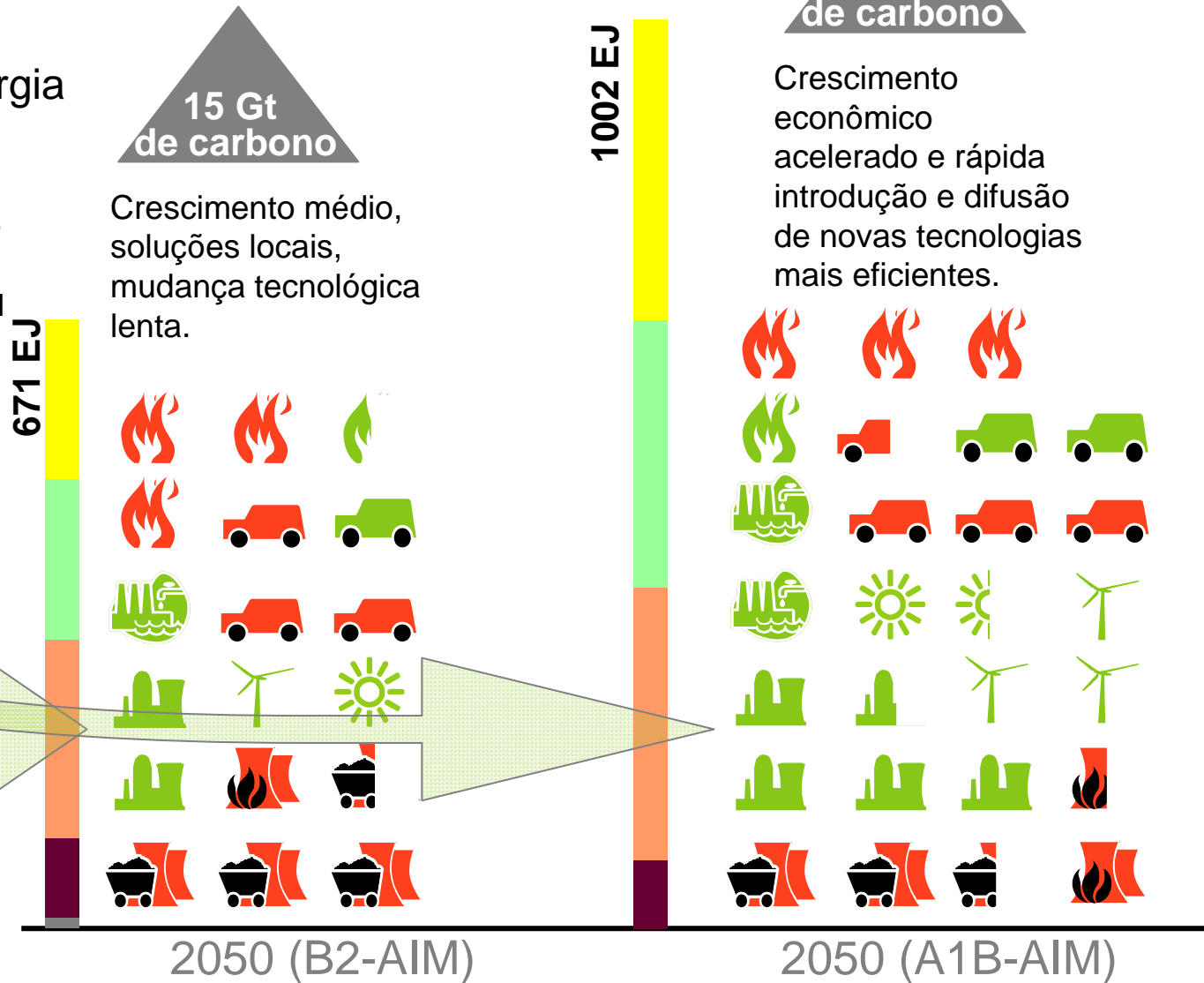
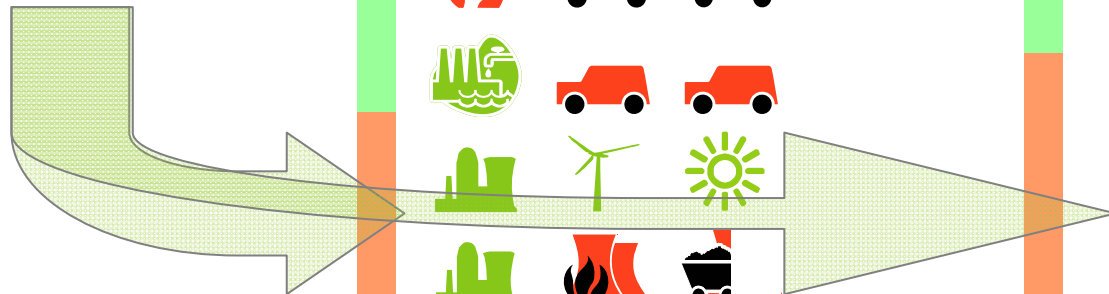


De encontro às nossas necessidades energéticas (IPCC)

Fonte Final de Energia

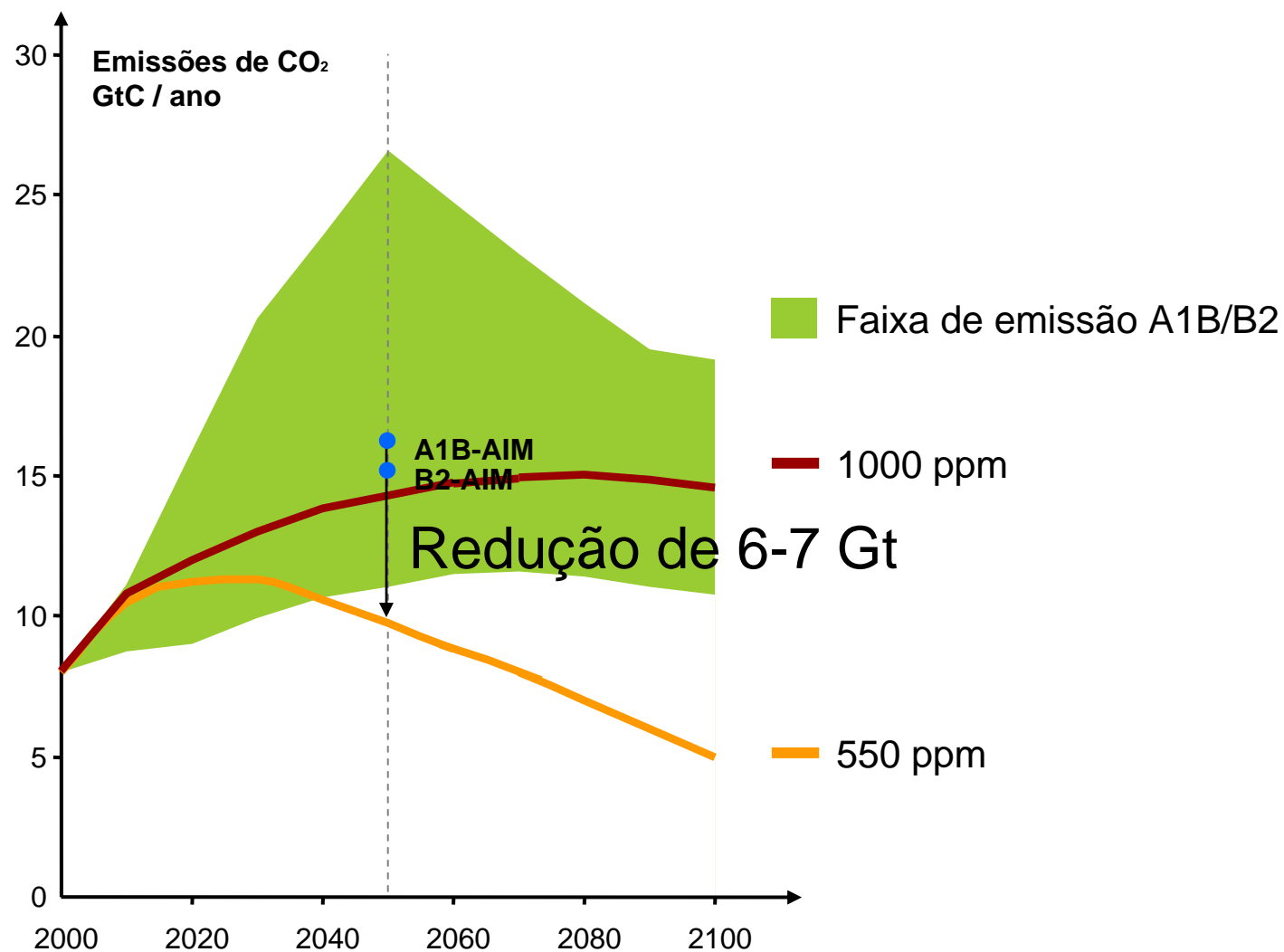
- Eletricidade
- Gás
- Combustíveis Líquidos
- Combustíveis Sólidos
- Biomassa N-Comercial

Contribuição nuclear





Atingindo a estabilização de CO₂ em níveis aceitáveis





Uma trajetória mais baixa

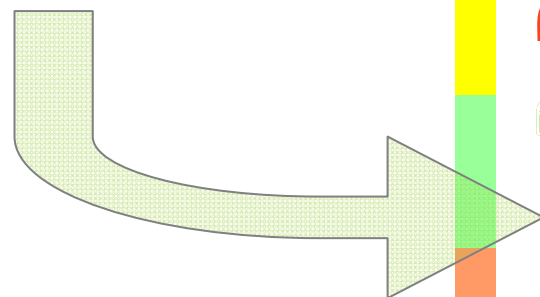


World Business Council for Sustainable Development

Fonte Final de Energia

- Eletricidade
- Gás
- Combustíveis Líquidos
- Combustíveis Sólidos
- Biomassa N-Comercial

Contribuição nuclear



705 EJ



9 Gt de carbono

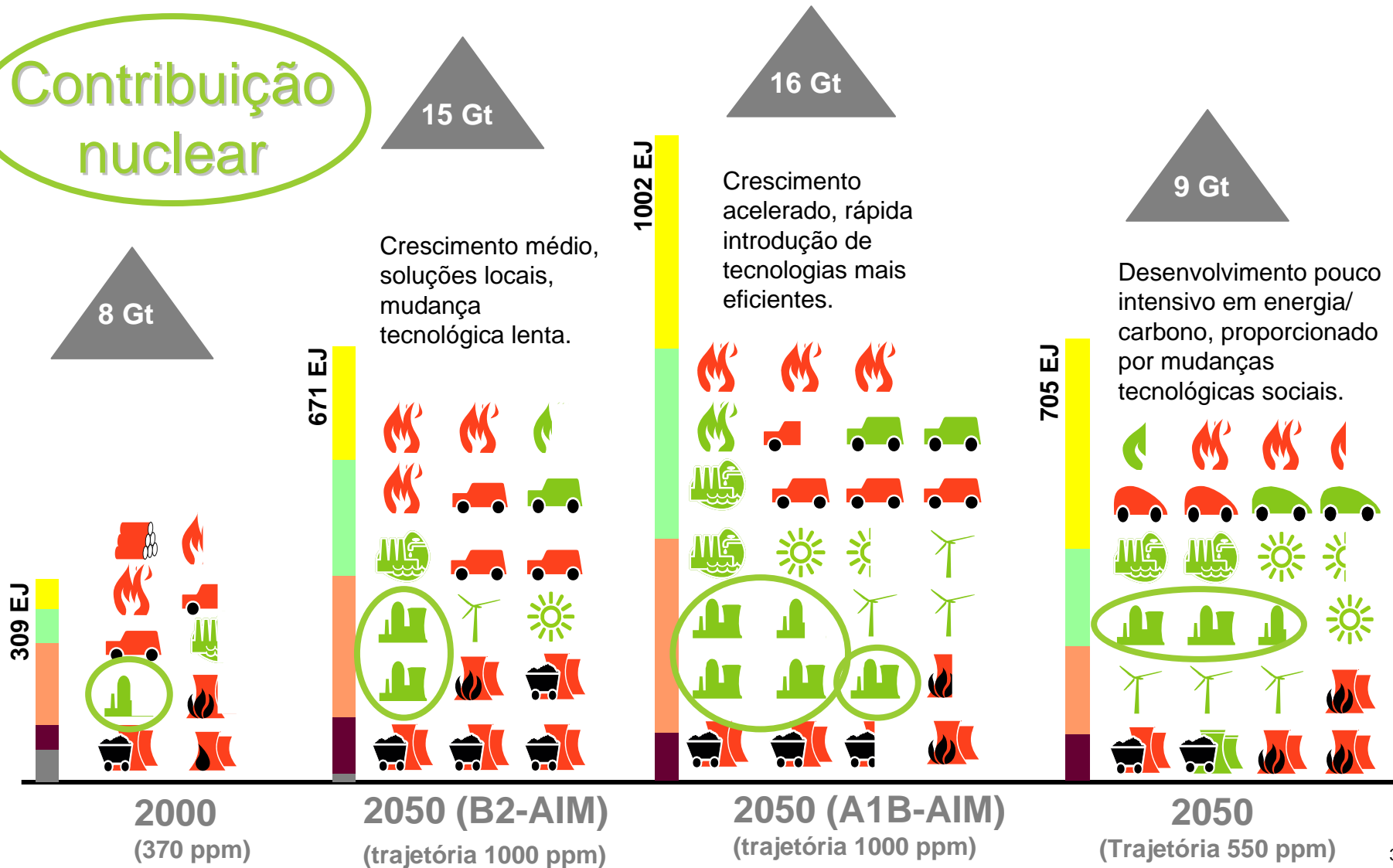
Desenvolvimento pouco intensivo em energia/ carbono, proporcionado por mudanças sociais e tecnológicas.

2050 (trajetória 550 ppm)



Um olhar sobre as opções

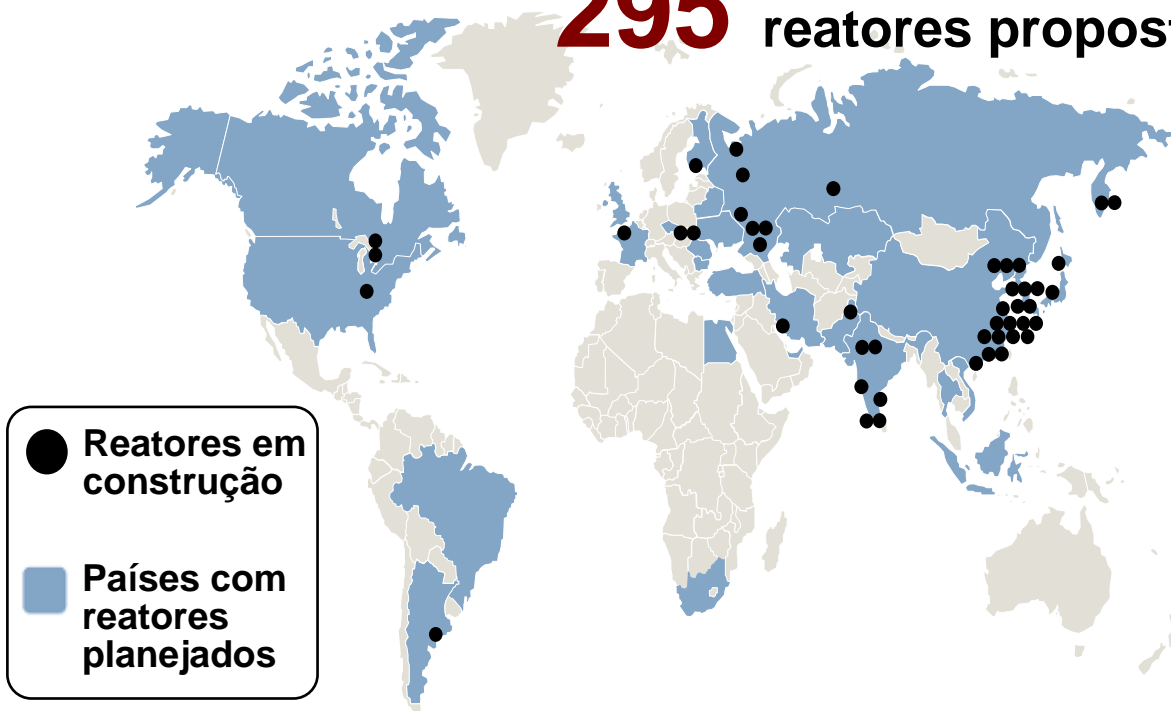
Contribuição nuclear





Contribuição Nuclear

436 reatores em operação
52 reatores em construção
135 reatores encomendados
295 reatores propostos



0
+11
+27
+29

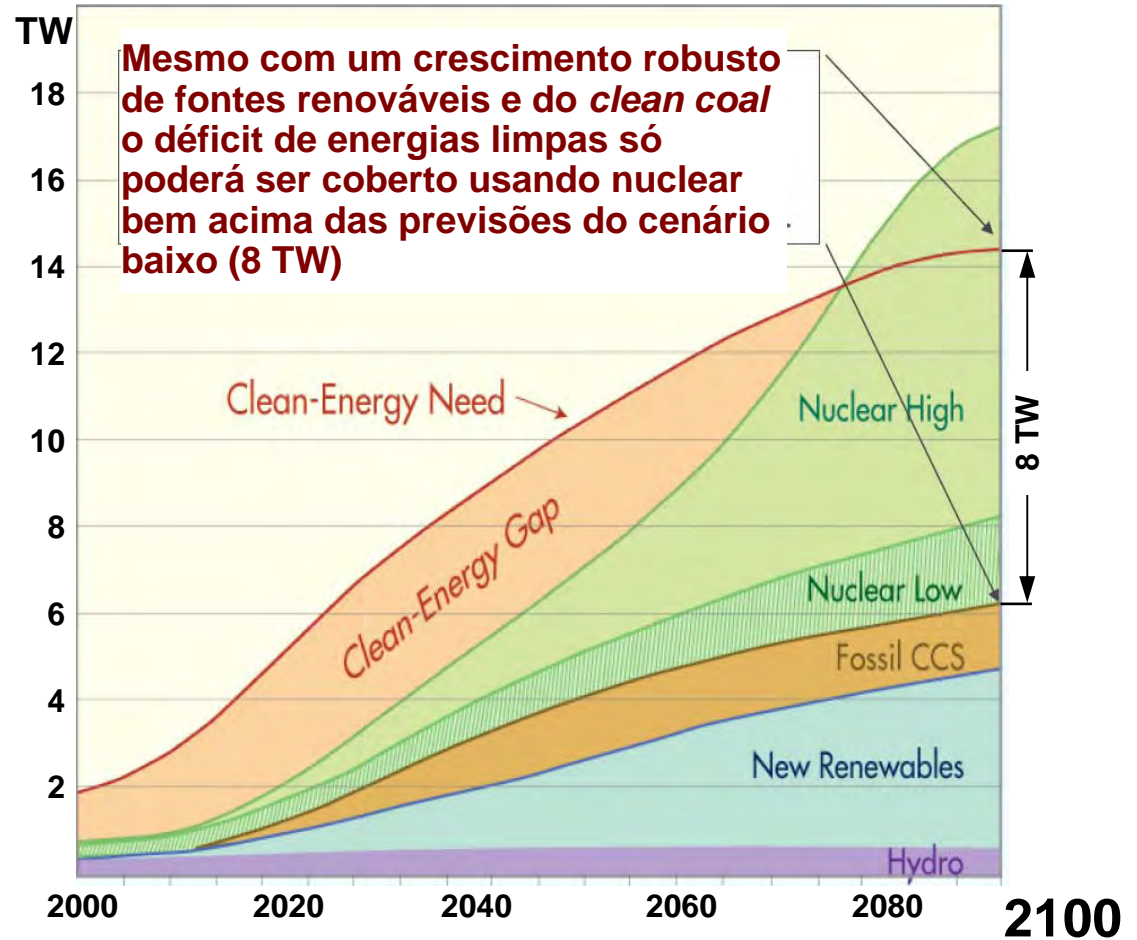
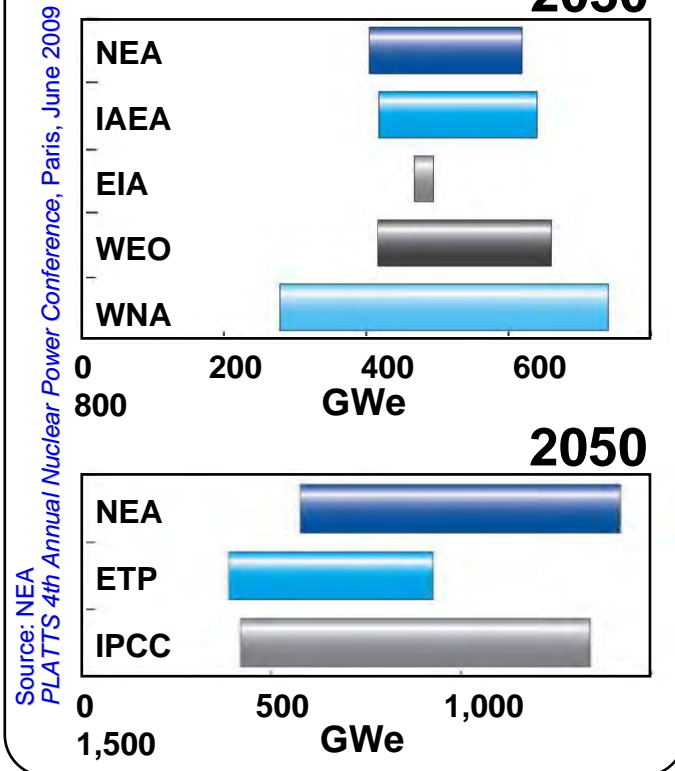
Comparação com
Dezembro 2008

+67



Contribuição Nuclear

Variações das projeções de capacidade instalada



» A potência nuclear instalada em 2050 pode crescer cerca de 4 vezes



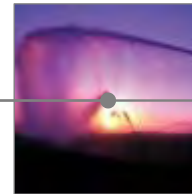
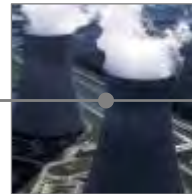
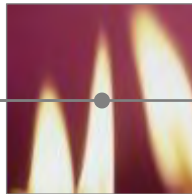
Opções de Mudança – Revolução tecnológica



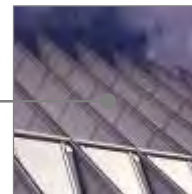
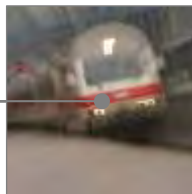
Fazendo as coisas de forma diferente

Imaginem o que podemos fazer com a internet e demais tecnologias da informação!

Redução das Emissões



Conservação e eficiência energética



Energia e Mudança Climática

Muchas Gracias!



Leonam dos Santos Guimarães